

Universitat de Lleida



Treball Final de Grau d'Enginyeria Agrària i Alimentària

Anàlisi de costos, rendiments i la rendibilitat de diferents solucions
de control d'equips d'aplicació de productes fitosanitaris en cultius
extensius

Oriol Valls Trepà

Tutoritzat per Alexandre Escolà Agustí

Cotutoritzat per Jaume Arnó Satorra

Curs acadèmic 2020-2021

Resum

Aquest treball té una doble finalitat, analitzar els costos de les diferents solucions de polvorització en cultius extensius i construir una eina de càlcul que permeti assessorar a futurs compradors d'equips d'aplicació de productes fitosanitaris, tenint en compte les diferents solucions tecnològiques que es troben en el mercat, com els sistemes de guiatge, control de seccions i sensors. Aquesta eina es desenvolupa en un full de càlcul Excel. Per construir aquesta eina de càlcul es requereix realitzar un estudi per avaluar els costos i la rendibilitat dels diferents equips per escollir els paràmetres que més influència tenen.

Abstract

This project has a dual purpose, analyze the costs of the different spraying solutions in extensive crops and create a tool that allows future buyers of spraying equipment to be advised, taking into account the different technological solutions that are on the market, such as guidance systems, section control and sensors. This tool is developed in an Excel spreadsheet. This tool requires a previous study to evaluate the costs and profitability of the different devices to choose the parameters that have the most influence.

Índex

1. Introducció	6
2. Objectius.....	7
3. Materials i mètodes.....	8
3.1. Descripció de màquines, sensors i aspectes generals.....	8
3.1.1. Radiometria	15
3.1.2. Equips del treball	17
3.2. Les males herbes	22
3.2.1. Introducció	22
3.2.2. Classificació de les males herbes	23
3.2.3. Banc de llavors	23
3.2.4. Distribució espacial de les males herbes.....	24
3.2.5. Mètodes de control	25
3.3. Anàlisi de costos, rendiments i rendibilitats	25
3.3.1. Càlcul del percentatge de superposició en el control de seccions.....	30
3.3.2. Càlcul de les hectàrees necessàries	31
3.3.3. Càlcul de l'estalvi en productes.....	31
3.3.4. Viabilitat de la inversió	32
3.4. Elecció de paràmetres.....	33
3.5. Desenvolupament de l'eina d'assessorament.....	35
4. Resultats.....	36
4.1 Elecció de la màquina	36
4.2. Elecció del sistema de guiatge	38
4.3. Elecció del sistema de control dels broquets (control de seccions).....	41
4.4. Elecció de sensors de detecció de males herbes	43
4.5. Selecció de la màquina i components des de la vessant de l'agricultor	45
4.6. Costos i superfície contractada per empreses de serveis.....	47
5. Discussió	49
6. Conclusions	54
7. Referències.....	55

Índex d'il·lustracions

Il·lustració 1. Esquema polvoritzador (Font: Hardi NK/NV manual de instrucciones (PDF)).....	8
Il·lustració 2. Classificació segons mida de gota (Font: FITOSANITARIOS; el tamaño de las gotas lo es todo).....	9
Il·lustració 3. Moments de tractament en cereals d'hivern (Font: Recasens, (2019))... 11	

Il·lustració 4. Esquema cicle AP (Font: Escolà, (2020)).....	12
Il·lustració 5. Exactitud i precisió (Font: Escolà, (2020)).....	14
Il·lustració 6. Espectre electromagnètic (Font: Martínez, (2018))	16
Il·lustració 7. Signatura espectral (Font: Galería de firmas espectrales para teledetección)	16
Il·lustració 8. Trimble WeedSeeker (Font: https://agricultura.trimble.es).....	18
Il·lustració 9. Weed-It Quadro (Font: https://weed-it.com.ar)	18
Il·lustració 10. Funcionament sensor (Font: https://weed-it.com.ar)	18
Il·lustració 11. DAT Ecopatch (Font: https://www.dimensionsagri.no)	19
Il·lustració 12. Trimble GreenSeeker (Font: https://agricultura.trimble.es)	19
Il·lustració 13. OptRx (Font: https://www.agleader.com)	20
Il·lustració 14. Topcon CropSpec (Font: https://www.topconpositioning.com/es).....	21
Il·lustració 15. Yara N-Sensor (Font: https://www.yara.co.uk)	21
Il·lustració 16. Banc de llavors (Font: Recasens, (2019))	24
Il·lustració 17. Distribució de les males herbes (Font Chocarro, (2017))	24
Il·lustració 18. Taula d'eficiències i velocitats de treball (Font: Boto, J.A.; López, J. (2006)).....	26
Il·lustració 19. Activacions John Deere (Font: www.deere.es).....	29
Il·lustració 20. Formes model de la parcel·la.....	41
Il·lustració 21. Dades trimble ROI calculator (Font: https://agriculture.trimble.com/weedseeker2-roi-calculator/).....	49
Il·lustració 22. Resultats Trimble ROI calculator (Font: https://agriculture.trimble.com/weedseeker2-roi-calculator/).....	50
Il·lustració 23. Dades Weed-It ROI (Font: https://www.weed-it.com/calculator)	51
Il·lustració 24. Resultats Weed-It ROI (Font: Weed-It)	51
Il·lustració 25. Dades AGRI EASE Tool (Font: https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/resources-tools/ease-tool-page/agri-ease-tool)	52
Il·lustració 26. Resultat AGRI EASE Tool (Font: https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/resources-tools/ease-tool-page/agri-ease-tool)	52

Índex de taules

Taula 1. Components polvoritzador	9
Taula 2. Equips d'aplicació de productes fitosanitaris nous i usats (Font: Registro oficial de maquinaria agrícola)	10
Taula 3. Moments d'aplicació en cereals	11
Taula 4. Nivells de precisió (Font: www.deere.es)	14
Taula 5. Sistemes de correcció (Font: Escolà, (2020)).....	14
Taula 6. Preus sensors	21
Taula 7. Amplada de treball dels sensors	22
Taula 8. €/ha en funció de la capacitat del dipòsit.....	29
Taula 9. Exemple de càlcul del VAN	32
Taula 10. Superposició amb sistemes de guiatge (Font: Arnó, Martínez-Casasnovas & Escolà, (2018))	34
Taula 11. Formes parcel·la control de seccions	34
Taula 12. Exemple elecció de la màquina.....	36
Taula 13. Exemple sistema de guiatge	38
Taula 14. Dosis de productes fitosanitaris (l/ha).....	38
Taula 15. Exemple resultats sistema de guiatge	39
Taula 16. Càlcul del VAN en un cas concret	39
Taula 17. Exemple control de seccions.....	41

Taula 18. Exemple percentatge de superposició.....	42
Taula 19. Exemple sensors.....	43
Taula 20. Exemple resum agricultor.....	45
Taula 21. Exemple empresa de serveis	47
Taula 22. Resultat guiatge automàtic amb WeedSeeker.....	50
Taula 23. Resultat assistència a la conducció amb WeedSeeker	50
Taula 24. Resultat guiatge automàtic amb Weed-IT	51
Taula 25. Resultat assistència a la conducció amb Weed-It.....	52
Taula 26. Resultat guiatge automàtic.....	52
Taula 27. Resultat assistència a la conducció.....	53

Índex de gràfics

Gràfic 1. Equips d'aplicació de productes fitosanitaris nous i usats.....	10
Gràfic 2. Pèrdues en cereals (Font Recasens, (2019))	22
Gràfic 3. Costos fixes i variables	27
Gràfic 4. Representació punts d'un quart de pivot.....	31
Gràfic 5. Cost aplicació elecció de la màquina	36
Gràfic 6. Cost polvoritzador.....	37
Gràfic 7. Cost tractor.....	37
Gràfic 8. VAN sistema de guiatge	40
Gràfic 9. VAN control de seccions.....	42
Gràfic 10. VAN Sensors.....	44
Gràfic 11. Cost aplicació resum agricultor	46
Gràfic 12. Comparació estalvi en producte	46
Gràfic 13. Gràfics empresa de serveis	48

1. Introducció

Els equips d'aplicació de productes fitosanitaris són una eina agrícola, que permeten als agricultors realitzar tractaments als cultius per eliminar males herbes, plagues, malalties i també per realitzar aplicacions de fertilitzant líquid. Així doncs, veiem que tenen una gran utilitat en l'àmbit agrícola. Aquest treball es centra en els equips d'aplicació destinats a cultius extensius.

Si observem les diferents màquines que s'utilitzen en l'agricultura veiem que els equips d'aplicació de fitosanitaris són una de les màquines que s'utilitzen més al llarg d'una campanya, fet que fa que la majoria d'agricultors disposin d'aquest tipus de maquinària dins la seva explotació, siguin explotacions petites, grans o empreses de serveis.

En els últims anys els fabricants d'aquest tipus de maquinària han incorporat noves tecnologies en els seus equips. L'ús de sistemes de posicionament, control de seccions, sensors i l'automatització dels equips són els elements que han fet possible la innovació d'aquestes màquines.

Aquestes innovacions que estan disponibles en el mercat veiem que poc a poc es van introduint en més explotacions, tot i que són les empreses de serveis les que en fan més ús. Aquesta lenta introducció és a causa de diferents factors, l'edat dels agricultors és un dels factors, ja que molts són adults i sense relleu generacional, també, les explotacions petites-mitjanes no arriben a contemplar les noves tecnologies en la seva explotació perquè pensen que no és una opció rendible.

Aquesta és la raó per la qual es realitza aquest treball, per avaluar les diferents tecnologies amb les característiques que presenten i finalment, amb el disseny de l'eina de càlcul, permetre que els agricultors puguin rebre un assessorament contemplant les característiques de la seva explotació i les seves preferències pel que fa a sofisticació per tal de poder trobar l'equip que més s'adeqüi.

El disseny d'aquesta eina d'assessorament es desenvolupa en un full de càlcul Excel, que utilitzarà diferents paràmetres per calcular costos, rendiments, estalvi en productes, entre altres conceptes.

2. Objectius

Analitzar els costos i la rendibilitat dels nous components i tecnologies que ofereix el mercat per al control de les aplicacions de productes fitosanitaris i fertilitzants amb polvoritzadors hidràulics.

Dissenyar una eina de càlcul en Excel que, en funció de les característiques de l'explotació i la seva orientació productiva, faci possible assessorar els agricultors i/o les empreses de serveis sobre la dimensió, els components i les noves tecnologies que es poden implementar en polvoritzadors hidràulics.

3. Materials i mètodes

3.1. Descripció de màquines, sensors i aspectes generals

Els equips d'aplicació de productes fitosanitaris són una maquinària dissenyada per a realitzar la protecció dels cultius, mitjançant l'aplicació de productes fitosanitaris i també per realitzar aplicacions d'adobs líquids.

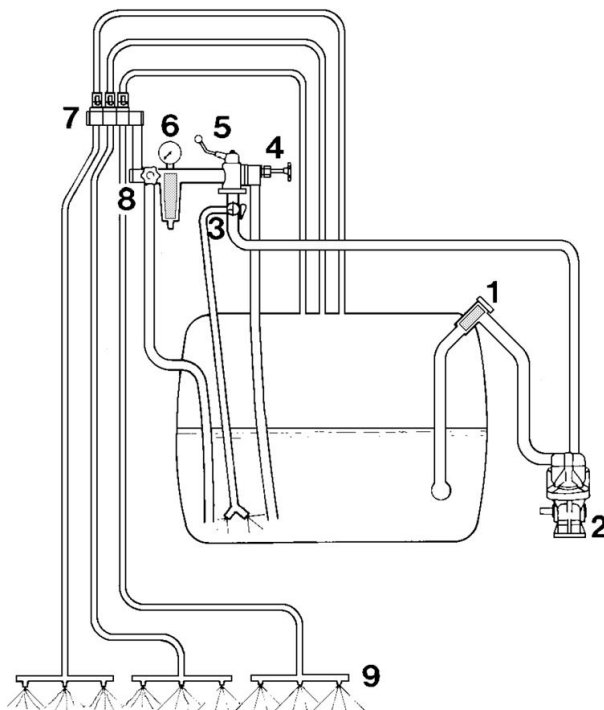
Hi ha diferents tipus d'equips de polvorització, en funció del cultiu al qual vagin destinats, en aquest treball els equips tractats són polvoritzadors hidràulics destinats a cultius extensius.

Aspectes a considerar per a realitzar una aplicació adequada (Llorens, (2019)):

- Velocitat del vent: Si la velocitat del vent és superior a 3 m/s no es recomana realitzar una aplicació.
- Temperatura: El rang de temperatures que es recomana a l'hora de realitzar una aplicació és de 10 a 25 °C. Si la temperatura és molt elevada afavorirà que hi hagi evaporació de les gotes, com més fines siguin les gotes major efecte tindrà.
- Humitat: La humitat de l'ambient es recomana que sigui superior al 50 %.
- Elecció del broquet: En funció de l'aplicació que es vulgui dur a terme, s'haurà d'escollir un broquet concret.

Elements d'un equip d'aplicació hidràulic

En la il·lustració 1 i en la taula 1 podem observar els elements que componen un equip d'aplicació de productes fitosanitaris.



Il·lustració 1. Esquema polvoritzador (Font: Hardi NK/NV manual de instrucciones (PDF))

Taula 1. Components polvoritzador

1	Filtre
2	Bomba
3	Sistema d'agitació
4	Regulador de pressió
5	Vàlvula general
6	Manòmetre
7	Vàlvules de trams
8	Vàlvula de control de caudal
9	Barres amb els broquets

Mida de la gota

La mida de les gotes es mesura en micròmetres, i es classifiquen en 6 categories segons la norma S-572 de ASAE. Les categories les podem veure en la taula següent.

CLASIFICACIÓN	TAMAÑO (MICRONES)	COLOR
MUY FINA (VF)	MENOR A 100	
FINA (F)	100 - 175	
MEDIANA (M)	175 - 250	
GRANDE (C)	250 - 375	
MUY GRANDE (VC)	375 - 450	
EXTREMADAMENTE GRANDE (XC)	MAYOR A 450	

Il·lustració 2. Classificació segons mida de gota (Font: FITOSANITARIOS; el tamaño de las gotas lo es todo)

La mida de les gotes és important, ja que en funció de l'aplicació que vulguem fer, s'haurà d'escollir un broquet que proporcioni una mida de gota determinada i caldrà també ajustar la pressió, en la il·lustració 2 veiem quina classificació tenen les gotes segons la seva mida.

En tractaments d'herbicides s'utilitza una mida de gota mitjana o gran.

En tractaments per fongs i plagues s'utilitza una mida de gota fina o mitjana. En aquest cas, en els fongs s'utilitza la gota fina i en plagues s'utilitza una gota mitjana, això és a causa del fet que amb aquesta mida s'assegura que el producte arribi a qualsevol lloc de la planta i pugui entrar en contacte amb els fongs o les plagues que hi hagi.

En aplicacions d'adob líquid s'utilitza una mida de gota gran.

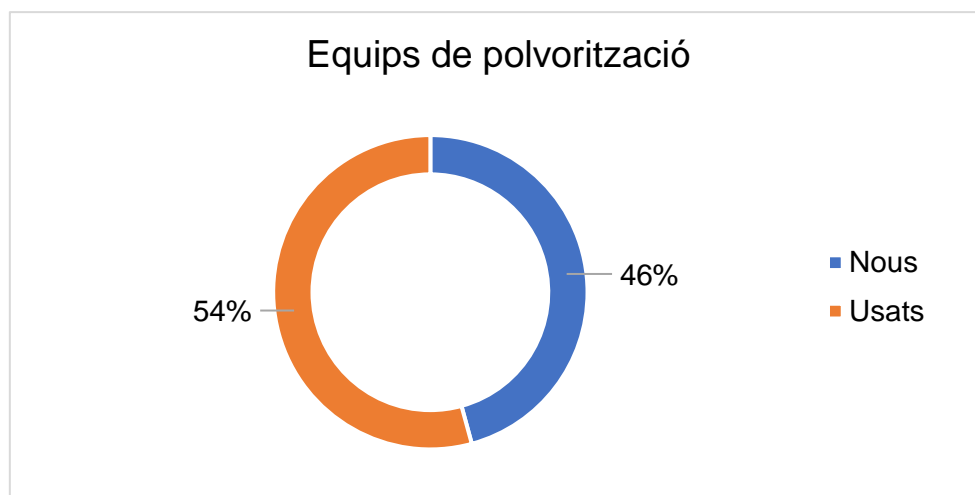
Registre oficial de maquinària agrícola, ROMA.

Per avaluar com és el mercat dels equips d'aplicació de productes fitosanitaris, el departament d'acció climàtica, alimentació i agenda rural disposa d'un registre oficial de maquinària agrícola (ROMA), en el que trobem la inscripció de maquinària nova i usada, tant de tractors, equips d'aplicació, recol·lectores, cisternes de purí i d'altra maquinària.

Actualment, en la pàgina web hi ha disponibles el resum del 3r trimestre del 2019, el 2n i el 4t trimestre del 2020 i el 1r trimestre del 2021.

Taula 2. Equips d'aplicació de productes fitosanitaris nous i usats (Font: Registro oficial de maquinaria agrícola)

Equips d'aplicació de productes fitosanitaris	4t t 2018	3r t 2019	1r t 2020	2n t 2020	3r t 2020	4t t 2020	1r t 2021	Total
Nous	188	114	76	113	100	119	168	878
Usats	165	147	66	65	102	326	170	1041



Gràfic 1. Equips d'aplicació de productes fitosanitaris nous i usats

Tenint en compte els 7 trimestres dels quals disposem, observant el gràfic 1 podem veure que hi ha força mercat d'aquest tipus de maquinària, però cal destacar que el mercat de maquinària usada té un gran volum. També és un mercat interessant per tal d'introduir nova tecnologia a la maquinària.

Nombre d'aplicacions

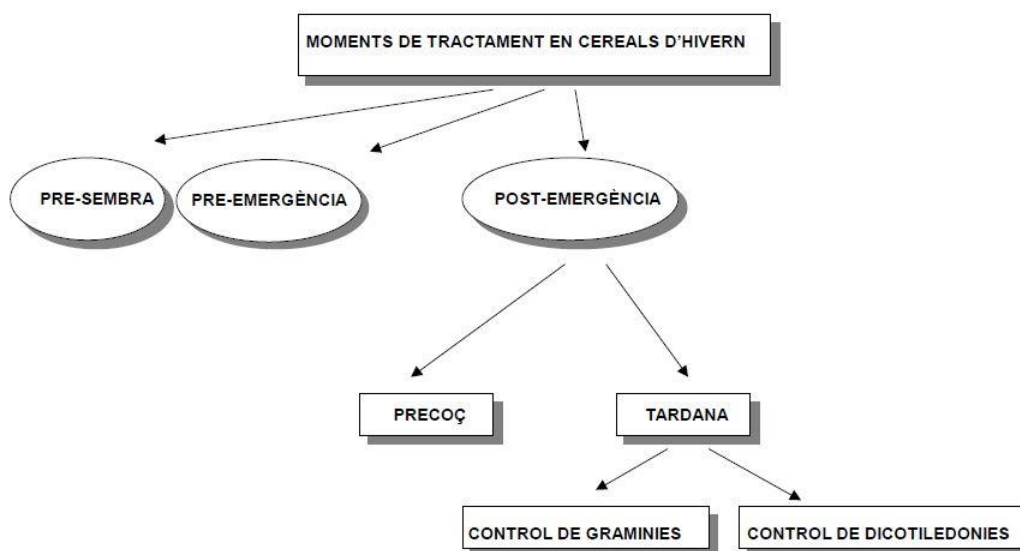
Els equips d'aplicació de productes fitosanitaris, com s'ha comentat anteriorment, són molt utilitzats, degut al gran nombre de tractaments que es poden dur a terme amb el mateix equip.

Actualment, els nous equips poden portar de fàbrica un element que incorpora diferents tipus de broquets, l'element de sortida del líquid, per escollir el tipus de gota que correspongui per l'aplicació del producte. Aquest element facilita la regulació de l'equip per realitzar diferents tractaments.

El nombre d'aplicacions que realitzi un agricultor depèn de diferents aspectes, com els cultius que hi hagi a l'explotació, el tipus de sembra que realitzi, el nivell de males herbes,

la presència de fongs, aplicació de fertilitzant líquid, entre altres. Algunes de les aplicacions dependran de com evolucioni el cultiu en el camp, però ja podem veure que el nombre d'aplicacions pot ser elevat.

Per ficar un exemple, en la il·lustració 3, es mostra els moments en què es pot realitzar un tractament enfront a males herbes en cereals d'hivern, en el cas que sigui necessari realitzar un tractament.



Il·lustració 3. Moments de tractament en cereals d'hivern (Font: Recasens, (2019))

Per poder veure l'ús que se'n fa dels equips d'aplicació de productes fitosanitaris, en cultius extensius, a continuació es mostra la taula 3 en la qual queden definides les possibles aplicacions a realitzar durant un any, ja siguin tractaments en males herbes, plagues i aplicació d'adob líquid.

Com ja he dit, són les possibles aplicacions, ja que en cada explotació en concret s'ha d'avaluar si és necessari o no de realitzar.

Taula 3. Moments d'aplicació en cereals

	Adob cereals hivern	Males herbes cereals hivern	Fongs/Plagues cereals hivern	Adob cereals estiu	Males herbes cereals estiu	Fongs/Plagues cereals estiu	Guaret
Gener		1 - 2					
Febrer	1	1 - 2					
Març	1	1 - 2					
Abril			1 - 2	1	2 - 3		
Maig			1 - 2		2 - 3		
Juny				1 - 2		1 - 2	
Juliol				1 - 2		1 - 2	
Agost							
Setembre	1	1					
Octubre	1	1					1
Novembre							
Desembre							

Tal com es veu en la taula 3, com més diversitat de cultius hi hagi en una mateixa explotació, major serà el nombre d'aplicacions, però, aquestes estaran repartides gairebé al llarg del transcurs de tot l'any.

En la taula 3 es pot observar que hi ha una fila que correspon al guaret, això és degut al fet que les explotacions que superen les 15 ha de superfície agrícola han de deixar un 5 % de la superfície sense cultivar, o bé, cultivar unes espècies en concret, això ho imposa la política agrària comunitària (PAC), en el pagament verd.

De normal, el guaret es realitza en aquells camps on hi ha una major presència de males herbes, per poder-les disminuir. (Cantero-Martínez, C., & Moncunill Geniz, J. (2012))

En el guaret hi pot haver dos tipus de maneig per controlar les males herbes, pot ser mitjançant herbicides o bé treballant el sòl.

En el cas del maneig utilitzant tractaments herbicides, no es podran realitzar tractaments des del dia 1 de gener fins al 30 de setembre. (DUN 2021 Manual d'ajuts (2021))

Cicle de l'agricultura de precisió

L'agricultura de precisió és un sistema de maneig agrícola, el qual es basa en l'adquisició de dades, l'anàlisi, el tractament i la interpretació de les dades per adequar les actuacions a realitzar.

En la il·lustració 4 podem observar les diferents fases del cicle de l'agricultura de precisió, de les quatre fases que componen aquest cicle, la que resulta més complicada de dur a terme és la presa de decisions, ja que hi ha moltes opcions diferents per escollir.



Il·lustració 4. Esquema cicle AP (Font: Escolà, (2020))

Segons Escolà, (2020), a partir de l'agricultura de precisió podem trobar diferents tipus de maneig:

- Basat en mapes: Requereix d'un sistema de localització satel·litari, Global navigation satellite system (GNSS), utilitza mapes de prescripció per a realitzar l'actuació al camp. Els mapes de prescripció són el resultat de la presa de decisions del cicle de l'agricultura de precisió. Obtenir aquests mapes de prescripció pot requerir molt temps, per tant, el cicle de l'agricultura de precisió en aquest tipus de maneig és lent.

- En temps real: No requereix localització GNSS, utilitza sensors per a realitzar l'actuació en temps real al camp. Utilitzant sensors el cicle de l'agricultura de precisió és molt ràpid.
- Combinar els dos sistemes comentats anteriorment.

GNSS- Control de seccions

Els equips de GNSS ens proporcionen diferents solucions en l'agricultura.

Els sistemes de guiatge, són cada vegada més presents en la maquinària nova, aporten comoditat a l'operari, ajuden a evitar superposicions o bé evitar deixar zones sense realitzar l'acció que s'estigui fent al camp.

Podem trobar diferents nivells de guiatge, anant de menys a més sofisticació. Com a sistema de guiatge més bàsic, tenim l'assistència a la conducció, aquest consta d'un monitor que mostra el recorregut a realitzar, però la conducció és manual i mitjançant unes llums en el monitor que indiquen al xofer si segueixen el recorregut o si s'han desviat, per així poder corregir-ho. Després tenim el guiatge automàtic, on les diferents marques disposen de diferents nivells d'exactitud i precisió. La direcció assistida pot realitzar la seva funció actuant en el sistema hidràulic de la direcció, si el tractor ho porta incorporat, o bé, utilitzant un motor addicional en el volant.

Una altra solució lligada amb els GNSS és el control de seccions en els equips d'aplicació de productes fitosanitaris. El control de seccions permet tancar un tram d'una barra d'un equip d'aplicació quan passa per sobre d'una zona en la qual ja s'ha tractat, evitant així superposicions i reduir el consum de productes. El guiatge també ens ajuda a evitar superposicions, però quan parlem d'equips d'aplicació de productes fitosanitaris hem de tenir en compte que hi ha equips amb una amplada de treball molt gran i en funció de la forma de la parcel·la no es pot evitar que hi hagi superposició, però amb el control de seccions aquesta superposició es pot reduir en gran manera.

Cal destacar que hi ha diferents graus de sofisticació de control de seccions, el més bàsic seria controlar un tram de la barra i el més complet seria controlar cada broquet de forma individual, el qual és el que ens reduirà al màxim la superposició.

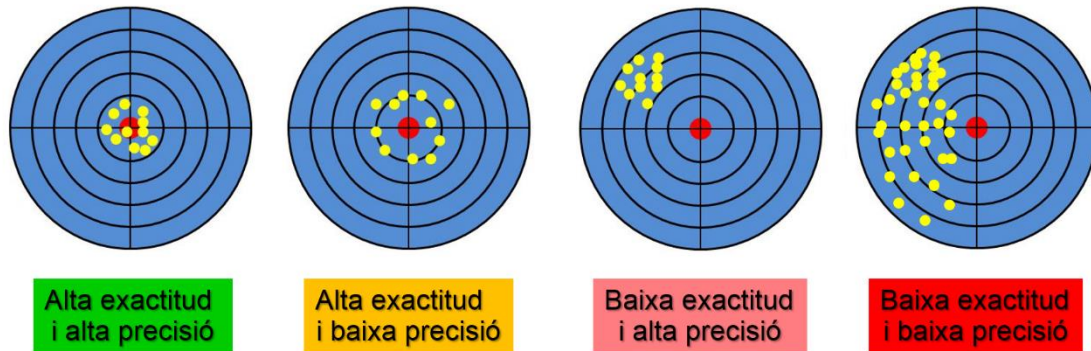
En aquest treball es tracta el control de seccions en els equips d'aplicació de productes fitosanitaris, però cal remarcar que també hi és present en altres màquines, com en les sembradores.

En els equips actuals, gràcies a que incorporen sistemes de guiatge o bé hi ha connexions entre màquina i tractor, com seria la connexió ISOBUS, amb aquesta connexió no és necessari calcular a quina velocitat s'ha de realitzar l'aplicació per garantir una dosi concreta, es pot variar la velocitat i la màquina variarà el cabal amb un cabalímetre i la pressió per ajustar-se a la dosi que prèviament se li hagi especificat.

Es considera que aquestes tecnologies tenen una vida útil, en aquest cas es considera que la vida útil és de 7 anys. (Arnó, Martínez-Casasnovas & Escolà, (2018))

Els conceptes d'exactitud i precisió

L'exactitud és l'error respecte a la coordenada real, mentre que la precisió és la repetibilitat de les mesures. Una bona repetibilitat permet que al realitzar una nova mesura des d'una coordenada coneguda el resultat sigui semblant a l'obtingut en casos anteriors.



Il·lustració 5. Exactitud i precisió (Font: Escolà, (2020))

L'ideal és poder disposar d'una exactitud i d'una precisió elevada, com en el primer cas de la il·lustració 5, però no sempre és possible, si aquest és el cas, és més interessant disposar de major precisió que de major exactitud.

Els sistemes de posicionament RTK són els que ens proporcionen una exactitud i una repetibilitat més elevada.

S'ha de tindre en compte que hi ha diferents nivells de precisió, ja que segons les tasques a realitzar es requereix major o menor precisió. Major precisió, en l'àmbit econòmic, implica major inversió.

En la taula 4 hi ha les diferents gammes de precisió que ofereixen algunes empreses, concretament de la marca John Deere.

Taula 4. Nivells de precisió (Font: www.deere.es)

Nom	Precisió
RTK	2,5 cm
SF1	15,0 cm
SF3	3,0 cm

A continuació, en la taula 5, es pot observar alguns dels sistemes de correcció que hi ha presents.

Taula 5. Sistemes de correcció (Font: Escolà, (2020))

SBAS	OmniSTAR
	EGNOS
	Atlas
GBAS	ICGC
	Xarxes privades
	RTK

Sobre el tipus de correcció SBAS i GBAS presents en la taula anterior, la diferència entre aquests dos tipus és que la correcció SBAS és una correcció satel·litària, en canvi, la GBAS és una correcció terrestre, amb la que s'obté major precisió.

Tecnologies VRT

VRT són les sigles en anglès de Variable Rate Technologies, en català significa tecnologies d'actuació variable.

Aquestes tecnologies tenen dues finalitats, realitzar una aplicació selectiva (Sí/No) i/o realitzar una aplicació variable. Es poden realitzar de forma individual o bé combinades.

Per poder realitzar aquests tipus d'aplicacions es requereix controlar diverses actuacions, com seria l'obertura i tancament, la velocitat i la variació de cabal o pressió.

3.1.1. Radiometria

La radiometria és la ciència que estudia la radiació electromagnètica, el seu camp d'estudi engloba totes les longituds d'ona de l'espectre electromagnètic.

A continuació s'explicaran diferents conceptes de la radiometria, segons Martínez-Casasnovas, (2018).

Energia electromagnètica

L'energia electromagnètica és una energia que es propaga per mitjà de l'espai a la velocitat de la llum, es desplacen seguint un model ondulatori harmònic. Està format per dos components, un magnètic i un elèctric.

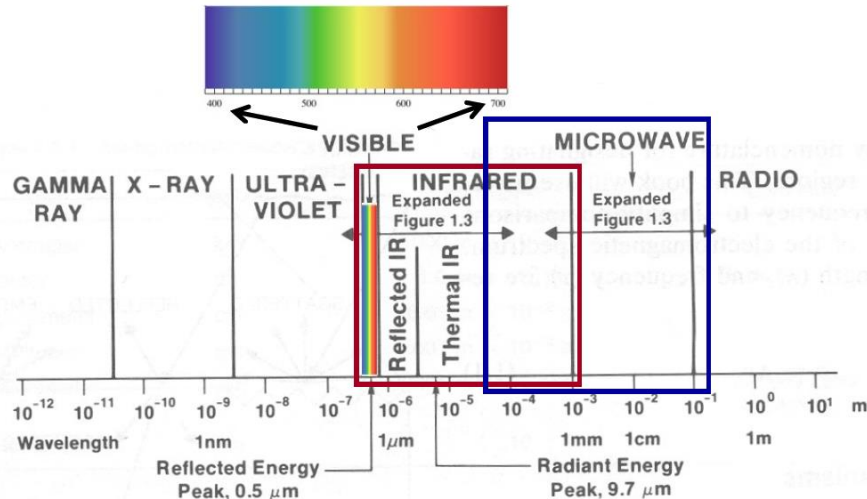
Les ones es caracteritzen per tres components, la velocitat, la longitud d'ona (λ) i la freqüència (f).

Espectre electromagnètic

L'espectre electromagnètic representa el rang de totes les longituds d'ona que conformen l'energia electromagnètica. L'espectre es representa a partir de les longituds d'ona (λ).

L'espectre es pot classificar en diferents regions, concretament en 7, en la il·lustració 6 s'observa quina longitud d'ona correspon a cada regió.

- Raig gamma
- Raig X
- Ultra violeta
- Ultra violeta fotogràfic
- Visible (RGB)
- Infraroig
 - Infraroig reflectit
 - Infraroig tèrmic
 - Infraroig tèrmic mig
 - Infraroig tèrmic llunyà
- Microones (Radar)



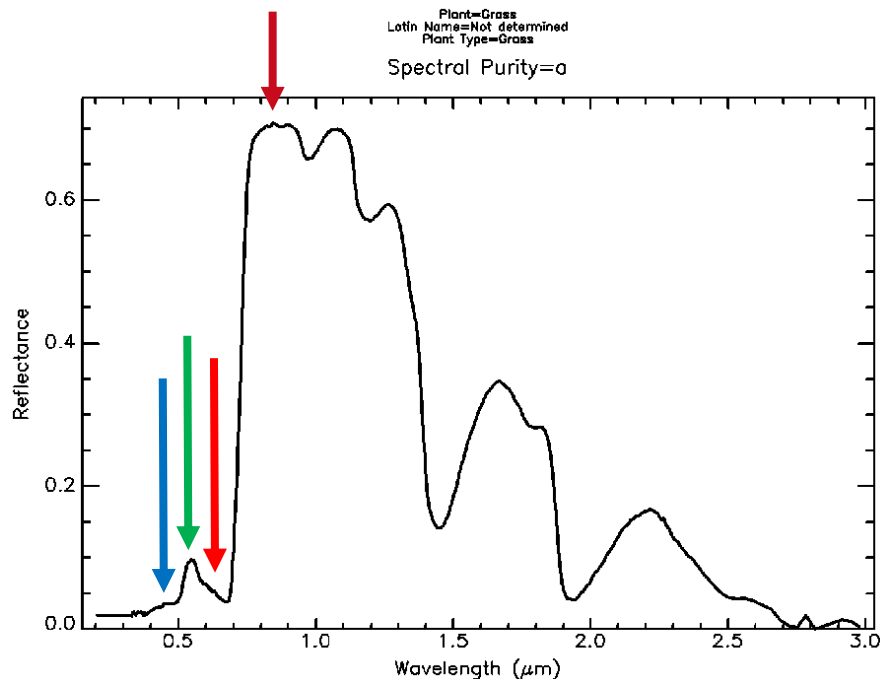
Il·lustració 6. Espectre electromagnètic (Font: Martínez, (2018))

Signatura espectral

La signatura espectral és la representació gràfica del percentatge de llum reflectida en relació a la llum incident, en diferents rangs de longituds d'ona.

La vegetació té un comportament diferent en funció de les longituds d'ona, n'hi ha que les reflecteix molt i d'altres les absorbeix. Per l'estudi de la vegetació bàsicament ens centrarem en la regió de la llum visible ($0,4 - 0,7\mu\text{m}$) i la regió de l'infraroig, en concret l'infraroig proper ($0,7 - 1,1\mu\text{m}$).

Tal com es pot observar en la il·lustració 7, una planta absorbeix més el blau i el vermell i reflecteix el verd i l'infraroig. Això és degut al fet que per realitzar la fotosíntesi, la planta absorbeix el blau i el vermell.



Il·lustració 7. Signatura espectral (Font: Galería de firmas espectrales para teledetección)

Índex de vegetació

Els índexs de vegetació són combinacions de diferents regions de l'espectre electromagnètic, permeten identificar vegetació, diferències d'estats nutricionals entre altres.

Hi ha molts índexs de vegetació diferents, però el més conegut és l'NDVI.

NDVI o Normalized Difference Vegetation Index

Aquest s'utilitza bàsicament per a mesurar el creixement de les plantes i la producció de biomassa.

Aquest índex es basa en el fet que com més vigorós o més vegetació hi hagi, reflectirà més l'infraroig proper que el vermell, en canvi, si és poc vigorós o hi ha poca vegetació reflectirà més vermell. Els valors van de -1 a 1.

Un inconvenient d'aquest índex és que quan hi ha nivells molt elevats de vegetació es satura fàcilment.

Les bandes utilitzades per fer aquest càlcul són l'infraroig proper (NIR) i el vermell (RED).

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Tipus de sensors

- Actius: Aquests sensors emeten una llum i en capten el seu retorn. Poden funcionar tant de dia com de nit.
- Passius: Aquests sensors capten el retorn d'una llum externa, la del sol. Com que no emeten la seva pròpia llum, aquest tipus de sensors només poden funcionar durant el dia.

3.1.2. Equips del treball

En aquest apartat es comenten diferents sensors, de diferents marques i amb diferents finalitats.

Podem diferenciar dos grans grups de sensors:

- Sensors de cultiu: S'utilitzen per a l'estimació de l'estat nutricional o sanitari del cultiu, s'utilitzen molt els índexs de vegetació.
- Sensors de males herbes: S'utilitzen per a la detecció i/o classificació de les males herbes. Es realitza mitjançant anàlisi d'imatge i/o amb anàlisi del Red (R) i del Near InfraRed (NIR).

- **Trimble WeedSeeker 2 i Weed-It Quadro**

Es tracta de dos sistemes automàtics de polvorització dirigida per al control de males herbes, el WeedSeeker 2 de la marca Trimble i el Weed-It Quadro de la marca Weed-It. Aquest aparell utilitza tecnologia òptica per detectar la presència de plantes en el camp. Quan detecta que hi ha una planta envia un senyal perquè el broquet la polvoritzi amb el producte.

Aquests aparells permeten treballar de dia i de nit, ja que són sensors actius.



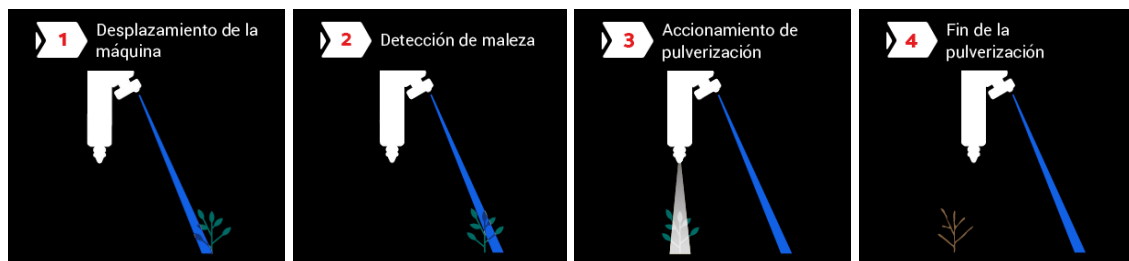
Il·lustració 8. Trimble WeedSeeker (Font: <https://agricultura.trimble.es>)



Il·lustració 9. Weed-It Quadro (Font: <https://weed-it.com.ar>)

El principi de funcionament d'aquests sistemes és el que es pot observar a continuació.

El sensor detecta que hi ha una planta i envia un senyal perquè el broquet s'obri i polvoritzi la planta, però aquesta actuació no és immediata, l'equip té en compte la velocitat en la qual va el tractor per obrir el broquet en el moment just en el què el broquet passa per damunt de la planta. La il·lustració 10 representa d'una forma molt entenedora el procés d'aplicació que realitzen aquests dos sensors.



Il·lustració 10. Funcionament sensor (Font: <https://weed-it.com.ar>)

Els dos sistemes ofereixen una compensació automàtica de gir durant les aplicacions en trajectòries corbes o en maniobres, que permet garantir que la dosi aplicada sigui la desitjada.

- **DAT Ecopatch**

Aquest sensor de la marca Dimensions agrí technologies consta d'un sistema de càmeres que detecten i classifiquen les males herbes, al poder classificar les males herbes ho poden fer fins i tot dins del cultiu, en els estadis inicials.

El sensor consta d'una càmera que captura imatges, aquestes imatges són analitzades en temps real. També incorpora un LED, que li permet capturar imatges tant de nit com de dia.

Per l'anàlisi de les imatges, el sensor disposa d'uns algoritmes i models agronòmics que classifiquen les plantes en cultiu i en males herbes.



Il·lustració 11. DAT Ecopatch (Font: <https://www.dimensionsagri.no>)

- **Trimble GreenSeeker**

El sensor GeenSeeker és de la marca Trimble, aquest sistema utilitza sensors òptics per mesurar i quantificar la variabilitat del cultiu observant el seu vigor. En funció dels valors de vigor s'aportarà més o menys fertilitzant, l'agricultor assignarà quina dosi a aplicar per cada valor.



Il·lustració 12. Trimble GreenSeeker (Font: <https://agricultura.trimble.es>)

El principi de funcionament és simple. El sensor emet llum i en capta el seu retorn, capta les bandes del vermell i de l'infraroig, amb les quals es calcula l'NDVI.

Els valors de l'NDVI van de -1 a 1, però dins d'aquest rang ens centrarem en els valors que van de 0 a 1, que són els que fan referència a la vegetació.

- **OptRx Ag Leader**

El sensor de la marca Ag Leader emet llum i en capta el seu retorn, capta les bandes del vermell i de l'infraroig. Aquest sensor és capaç de mesurar dos índexs de vegetació, l'NDVI i l'NDRE. En funció dels valors de vigor captats s'aplicarà la dosi desitjada.

L'NDVI és un índex de vegetació molt utilitzat per mesurar el vigor del cultiu, com ja s'ha comentat en l'apartat 3.1.1.

L'NDRE és similar a l'NDVI, però aquest no utilitza la banda de l'infraroig proper, sinó que utilitza la banda del Red Edge, que és una banda entre el vermell i el NIR.

Aquest índex ens permet mesurar el creixement i les cobertes vegetals quan els cultius ja es troben en una fase més avançada, amb major sensibilitat que l'NDVI, ja que l'NDRE no és satura tan fàcilment.

$$NDRE = \frac{NIR - Red\ Edge}{NIR + Red\ Edge}$$



Il·lustració 13. OptRx (Font: <https://www.agleader.com>)

El nombre de sensors que es disposen en les barres o bé muntats en el vehicle, no és en funció de l'amplada de treball del sensor, sinó que en funció del tipus de cultiu hi haurà més o menys sensors.

En cultius extensius que no són d'alt valor, com el blat i l'ordi, hi haurà de 2 a 3 sensors. En el cas de cultius d'alt valor afegit, com ho són els horticòles i el panís, hi haurà de 6 a 7 sensors, i si és el cas que l'amplada de les barres és molt gran, es ficarà un sensor per cada secció de barra.

- **Topcon CropSpec**

Aquest sistema de Topcon mesura la reflectància de les plantes per determinar el contingut de clorofil·la que es relaciona amb la concentració de nitrogen. Això permet aportar més o menys fertilitzant en funció dels nivells de clorofil·la detectats.

A major contingut de clorofil·la, major serà la dosi de fertilitzant aplicada.

Aquest en concret s'ubica al sostre del vehicle, tal com es pot observar en la il·lustració 14, i està format per un conjunt de dos sensors, un s'ubica a la dreta i l'altre a l'esquerra.



Il·lustració 14. Topcon CropSpec (Font: <https://www.topconpositioning.com/es>)

- **Yara N-Sensor i N-Sensor ALS**

El sistema de Yara mesura la reflectància de les plantes per determinar el contingut de clorofil·la que es relaciona amb la concentració de nitrogen. Això permet aportar més o menys fertilitzant en funció dels nivells de clorofil·la detectats. Aquest, com en el cas del CropSpec, s'ubica al sostre del vehicle.

La diferència entre el N-Sensor i el N-Sensor ALS, és que aquest últim pot ser utilitzat durant la nit, ja que té la seva pròpia font de llum, és a dir, és un sensor actiu.



Il·lustració 15. Yara N-Sensor (Font: <https://www.yara.co.uk>)

Preu de cada sensor (unitat)

Taula 6. Preus sensors

Sistema	Preu
WeedSeeker	2.000 €
Weed-IT	6.500 €
DAT Ecopatch	-
GreenSeeker	500 €
OptRx	3.000 €
Crop Spec (parella de sensors)	15.500 €
N-Sensor	-

Els preus de la taula 6 són aproximats i proporcionats per les empreses l'any 2021, poden variar del preu final de venda.

Amplada de treball de cada sensor

Taula 7. Amplada de treball dels sensors

Sistema	Amplada
WeedSeeker	0,5 m
Weed-IT	1,0 m
DAT Ecopatch	6,0 m
GreenSeeker	0,5 m
OptRx	En funció del cultiu
Crop Spec	-
N-Sensor	-

3.2. Les males herbes

3.2.1. Introducció

Les males herbes, segons una concepció agronòmica, les podríem definir com a plantes no desitjades que interfereixen amb els objectius del nostre medi agrícola.

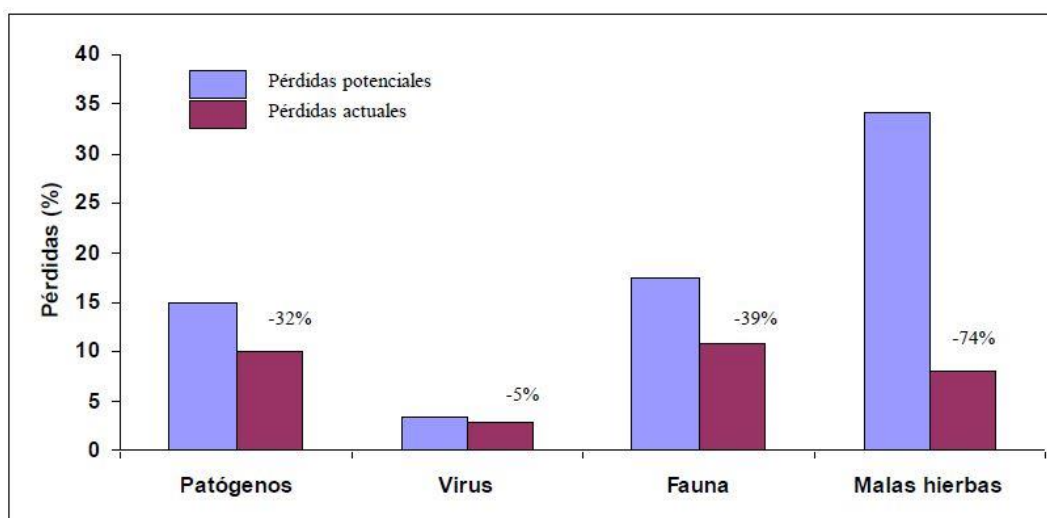
Les males herbes tenen diversos efectes negatius, però d'aquests els principals serien els següents:

- Competeixen amb les plantes cultivades
- Disminueixen la qualitat del producte final

La competència que generen amb les plantes que els agricultors cultiven, provoquen que el creixement i producció es vegin afectats, provocant un percentatge de pèrdues molt elevat.

Tal com es pot observar en el gràfic 2, aquestes pèrdues poden arribar a assolir uns valors d'un 35 %, comparant-ho amb altres factors que també provoquen pèrdues en els cultius, les males herbes són les que provoquen unes pèrdues més importants.

Ara bé, cal destacar que aquestes pèrdues es poden reduir fins a uns valors d'entre 5 - 10 % de pèrdues. Aquesta reducció de pèrdues és relativament fàcil d'aconseguir, utilitzant diferents mètodes de control (Recasens, (2019)).



Gràfic 2. Pèrdues en cereals (Font Recasens, (2019))

3.2.2. Classificació de les males herbes

Les males herbes es poden classificar segons diferents aspectes, de forma sistemàtica, segons el cicle de vida i per últim segons el tipus biològic segons Recasens, (2019).

Segons la sistemàtica, podem diferenciar dos grans grups de males herbes.

- Criptògames: Plantes sense flor
- Fanerògames: Plantes amb flor

La majoria de les males herbes formen part del grup de les fanerògames.

Segons el cicle de vida. Entenem per cicle de vida des que la planta germina fins que aquesta mor. En funció de la durada d'aquest cicle es divideixen els tres grups.

- Planta anual: Plantes en les quals el cicle de vida és inferior a un any
- Planta biennal: Plantes en les quals el cicle de vida és superior a un any, però inferior a dos
- Planta plurianual: Plantes en les quals el cicle de vida és superior als dos anys

Les plantes herbàcies les podem trobar en els tres grups, però les plantes llenyoses solament les trobem en el grup de les plantes plurianuals, ja que necessiten més temps per desenvolupar-se.

El tipus biològic és una classificació de les males herbes en funció de la ubicació de les gemmes de renovació. En diferenciem 5 grups.

- Teròfits: Es presenten en forma de llavor
- Geòfits: Presenten gemmes subterrànies
- Hemicriptòfits: Presenten gemmes a ras de sòl
- Camèfits: Presenten les gemmes entre uns 20 – 25 cm per sobre del nivell del sòl
- Faneròfits: Presenten les gemmes en alçada, per sobre dels 25 cm respecte del nivell del sòl

3.2.3. Banc de llavors

Les males herbes acaben el seu cicle de vida abans que el cultiu, per tant, ja poden disseminar les llavors. Part d'aquestes llavors van a parar al sòl, formant el que s'anomena com a banc de llavors (Recasens, (2019)).

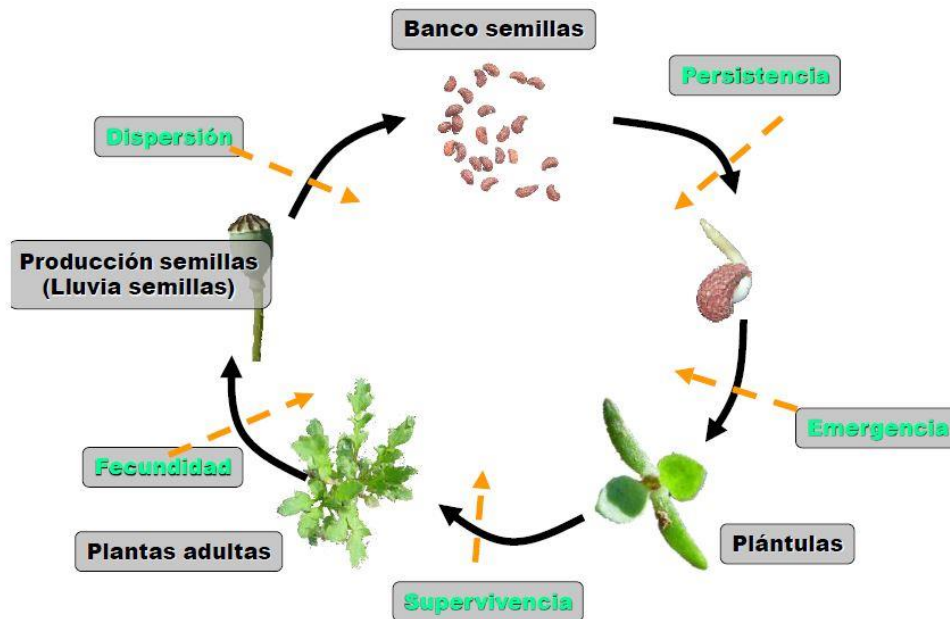
Del banc de llavors n'emergiran noves plantes que tornaran a fer el mateix cicle, i si no es realitza un mètode de control el banc de llavors anirà augmentant, arribant a provocar una infestació de males herbes molt elevada.

Cal destacar una fase, la persistència. Aquesta varia entre espècies de males herbes, algunes espècies poden estar fins a 6 o més anys en el sòl abans d'emergir.

Això vol dir que si no es té un control de les males herbes la presència d'aquestes poden durar molts anys.

La millor forma de reduir el banc de llavors és realitzant un o més mètodes de control, tal com he comentat anteriorment. També hem de tenir en compte que no totes les

llavors presents en el sòl emergiran, ja que algunes es perden a causa de factors naturals o bé degut a l'acció d'individus granívors, com els ocells.



Il·lustració 16. Banc de llavors (Font: Recasens, (2019))

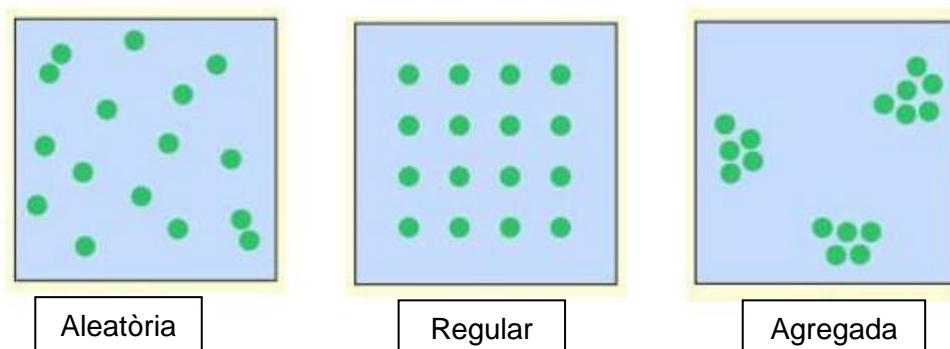
3.2.4. Distribució espacial de les males herbes

La distribució espacial és la forma en què les males herbes es distribueixen en un lloc concret, en l'àmbit agrícola serà en finca o parcel·la.

Podem trobar tres tipus diferents de distribució espacial. Conèixer el tipus de distribució que tenim en el nostre camp o parcel·la ens pot ajudar a l'hora de realitzar una acció contra les males herbes. En la il·lustració 17 podem observar els tres tipus de distribució.

- Aleatòria: Els individus es troben distribuïts de forma irregular
- Regular: Els individus es troben distribuïts de forma uniforme i no tenen tendència a agrupar-se
- Agregada: Els individus es troben distribuïts formant grups d'individus

Dels tres tipus de distribució, la més comuna és la distribució agregada (Chocarro, (2017))



Il·lustració 17. Distribució de les males herbes (Font Chocarro, (2017))

3.2.5. Mètodes de control

Per al control de les males herbes existeixen diferents mètodes de control, un agricultor pot combinar els diferents mètodes en la seva explotació.

- Físics / Mecànics: Els mètodes mecànics són aquells que realitzen un efecte directe al sòl, ja sigui superficial o bé amb més o menys profunditat
- Culturals: En els mètodes culturals tindriem la rotació de cultius, llavor certificada per evitar que hi hagi llavors de diferents espècies, entre altres
- Biològics: En els mètodes biològics s'utilitzen enemics naturals
- Químics: Els mètodes químics es basen en l'ús d'herbicides

No hi ha un mètode que sigui el millor i únicament s'hagi de fer aquell, sinó que es recomana combinar els diferents mètodes de control en l'explotació (Recasens, (2019))

3.3. Anàlisi de costos, rendiments i rendibilitats

En l'agricultura és molt important conèixer el cost de les diferents operacions que es realitzen en els camps, tant pels agricultors que realitzen la feina ells mateixos com pels agricultors que contracten a tercers.

Encara avui en dia, molts agricultors no coneixen el que realment els hi costa realitzar una activitat en la seva explotació.

Per introduir aquest apartat, primer definirem alguns dels conceptes que s'utilitzaran.

Cost unitari: És el cost de realitzar una activitat en una superfície determinada

$$C_{unitari}(\text{€/ha}) = Cost_{horari} \times Rendiment_{operatiu}$$

Cost horari: És el cost que suposa utilitzar l'equip en un temps determinat

$$C_{horari}(\text{€/h}) = Cost_{fix} + Cost_{variable}$$

En l'agricultura podem diferenciar el rendiment teòric i el rendiment operatiu.

Rendiment teòric: És el temps que es necessita per realitzar una activitat en una superfície determinada

$$R_t \left(\frac{h}{ha} \right) = \frac{10}{amplada(m) \times velocitat \left(\frac{km}{h} \right)}$$

Eficiència: L'eficiència, en l'àmbit agrícola, és el quocient entre el rendiment teòric i el rendiment operatiu o efectiu.

La il·lustració 18 ens serveix per agafar uns valors sobre eficiència i velocitat per a diferents treballs agraris.

Máquina	Eficiencias		Velocidad de trabajo	
	Rango %	Típica %	Rango km/h	Típica km/h
TRACTORES				
2 RM y estacionarios				
4 RM y orugas				
LABOREO Y SIEMBRA				
Arado vertedera	70-90	85	5-10	7
Arado de discos	70-90	85	5.5-10	7
Grada de discos tandem	70-90	80	6.5-11	10
Chisel	70-90	85	6.5-10.5	8
Cultivador	70-90	85	8-13	11
Grada de muelles	70-90	85	8-13	11
Rodillo compactador	70-90	85	7-12	10
Compactador de residuos	70-90	80	6.5-11	8
Azada rotativa	70-85	80	13-22.5	19
Cultivador de surcos	70-90	80	5-11	8
Cultivador rotativo	70-90	85	2-7	5
Plantadora en surcos	50-75	65	6.5-11	9
Sembradora	50-75	65	6.5-11	9
RECOLECCIÓN				
Deshojadora de maíz	60-75	65	3-6.5	4
Cosechadora (arrastrada)	60-75	65	3-6.5	5
Cosechadora	65-80	70	3-6.5	5
Segadora	75-85	80	5-10	8
Segadora (rotativa)	75-90	80	5-10	8
Segadora-acondicionadora	75-85	80	5-10	8
Segadora-acondic. (rotativa)	75-90	80	8-19	11
Rastrillo trabajo lateral	70-90	80	6.5-13	10
Empacadora rectangular	60-85	75	4-10	6.5
Empacadora gigante	70-90	80	6.5-13	8
Rotoempacadora	55-75	65	5-13	8
Cosechadora forraje (arrastr.)	60-85	70	2.5-8	5
Cosechadora forraje (auto.)	60-85	70	2.5-10	5.5
Cosechadora de remolacha	50-70	60	6.5-10	8
Cosechadora de patata	55-70	60	2.5-6.5	4
Recogedora de algodón	60-75	70	3-6	4.5
VARIOS				
Abonadora (esparcidor)	60-80	70	8-16	11
Pulverizador hidráulico	50-80	65	5-11.5	10.5
Pulverizador hidroneumático	55-70	60	3-8	5
Arrancadora de judías	70-90	80	6.5-11.5	8
Descoronadora de remolacha	70-90	80	6.5-11.5	8
Transportador de forraje				
Remolque de forraje				
Remolque				

Il·lustració 18. Taula d'eficiències i velocitats de treball (Font: Boto, J.A.; López, J. (2006))

La forma de la parcel·la afecta directament a l'eficiència. Com més irregular sigui la forma de la parcel·la tindrem una eficiència més baixa, ja que a l'hora de dur a terme qualsevol activitat l'agricultor haurà d'invertir més temps a realitzar maniobres (Landers, (2000)).

Els sistemes de guiatge ajudaran a aconseguir el màxim d'eficiència que es pugui obtenir, tenint en compte cada parcel·la.

Rendiment operatiu: El rendiment operatiu és el mateix concepte que el rendiment teòric, però, tenint en compte l'eficiència

$$R_o(h/ha) = \frac{10}{amplada(m) \times velocitat(km/h) \times eficiència}$$

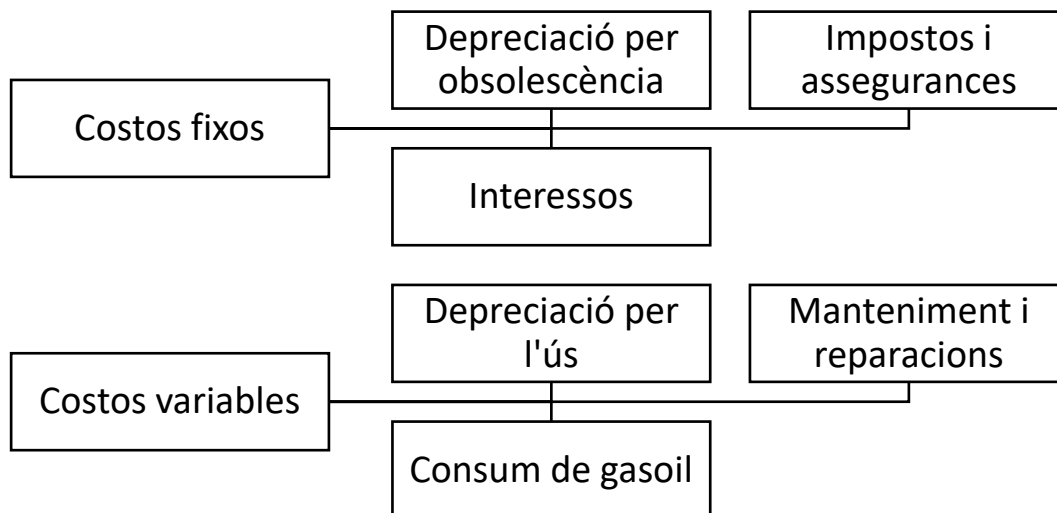
Per calcular el cost horari, com s'ha vist en la fórmula, necessitem calcular dos costos, el cost fix i el cost variable.

La metodologia utilitzada per realitzar aquests càlculs es basa en la proposada pel Ministeri d'Agricultura, Pesca i Alimentació (*Prevision de costes de utilizacion de maquinaria agrícola (PDF)*).

Costos fixos: Són aquells costos que no canvien, són independents de l'ús que es faci de la maquinària, en el nostre cas

Costos variables: Són aquells que depenen de l'ús que se'n faci

A continuació, en el gràfic 3, podem veure quins elements componen els costos fixos i els costos variables.



Gràfic 3. Costos fixes i variables

Dins d'aquests dos tipus de costos inclourem un conjunt de conceptes, cada un en el grup on pertorqui, tal com es pot observar en el gràfic 3.

Amortització

L'amortització o depreciació és la pèrdua de valor, en el cas de maquinària, d'un actiu

Dins de l'amortització, al parlar de maquinària podem desglossar-ho en dos tipus, la depreciació per obsolescència i la depreciació per l'ús.

$$Amortització = D. Obsolescència + D. Ús$$

La depreciació per obsolescència és la pèrdua de valor al llarg dels anys, pel fet que amb els anys s'incorporen noves tecnologies, millores en aspectes tècnics, entre altres.

$$D. Obsolescència = \frac{Preu adquisició}{anys vida \times hores/any}$$

En els equips d'aplicació de productes fitosanitaris i els tractors, el ministeri d'agricultura considera que aquestes màquines tenen 20 anys de vida útil.

Per altra banda, la depreciació per l'ús, com bé indica el seu nom, és la pèrdua de valor degut a l'ús que se'n fa. Com més hores realitzi la màquina, més desgast tindrà i per tant major serà la depreciació per l'ús.

$$D. \text{Ús} = \frac{\text{Preu adquisició}}{\text{hores vida}}$$

En els equips d'aplicació de productes fitosanitaris, el ministeri d'agricultura considera que aquestes màquines tenen 1000 hores de vida útil, en els tractors 12.000.

Amb aquests dos tipus de depreciació s'obté el valor de l'amortització, i finalment es pot calcular els anys necessaris per amortitzar la màquina.

$$\text{Anys amortitzar} = \frac{\text{Preu adquisició}}{\text{Amortització} \times \text{hores d'ús anual}}$$

És interessant conèixer quants anys es necessita per amortitzar una màquina, ja que passats aquests anys l'agricultor es pot plantejar de renovar la màquina, fer-ho abans no és aconsellable.

Impostos i assegurances

La maquinària, com els altres vehicles, ha de pagar uns impostos, també hi ha unes despeses que s'han de tindre en compte, que són les assegurances, ja que aquestes garanteixen una cobertura de la maquinària davant d'un risc o accident. Per les assegurances, s'estima un cost anual del 0.2 % del valor d'adquisició del tractor o màquina.

Interessos

L'interès, en termes econòmics, és la quantitat que el client pagarà per un préstec a una entitat bancària o bé a la mateixa empresa que es compri el producte, si aquesta ofereix finançament.

La taxa d'interès és un percentatge que expressa el preu que s'ha de pagar per unitat de capital, aquesta taxa pot ser mensual o anual.

Valor de la taxa d'interès: 3,5 %

Quotes mensuals i desbloqueigs

En els sistemes de guiatge per obtenir un nivell de precisió i repetibilitat més elevada en els equips, les diferents marques inclouen un cost addicional, en forma de quota mensual o quota anual.

Pel que fa als desbloqueigs, els monitors incorporen unes funcions bàsiques, i unes funcions opcionals. Dins d'aquestes funcions opcionals hi trobarem el sistema de guiatge, el control de seccions, entre altres funcions. Si l'agricultor vol que el seu monitor incorpori alguna funció opcional haurà de pagar el desbloqueig d'aquesta funció.

En la il·lustració 19 que es mostra a continuació, es poden observar els 4 nivells de desbloqueigs que ofereix la marca John Deere i les funcions que incorpora cada activació.

ACTIVACIÓN	AUTOTRAC	PREMIUM PARA 42X0	PREMIUM PARA 46X0	ULTIMATE
Documentación John Deere & aplicación de dosis variable		En base		
AutoTrac	■	■	■	■
Control de secciones		■	■	■
Sincronización de datos		■	■	■
Documentación ISOBUS (IsoXML)		■	■	■
AutoTrac RowSense			■	■
AutoTrac Vision			■	■
Automatización de giros AutoTrac				■
Uso compartido de datos en el campo				■
Sistema de guiado de aperos AutoTrac				■
John Deere Machine Sync				■

II·lustració 19. Activacions John Deere (Font: www.deere.es)

Manteniment i reparacions

Tota maquinària requereix d'un manteniment per garantir un bon estat de la màquina i per a realitzar un treball adequat. Tot i realitzar un bon manteniment de la màquina, al llarg de la seva vida útil s'han de realitzar reparacions, ja siguin degudes al desgast o bé perquè s'ha trencat algun element. Així doncs, encara que no representi una despesa molt elevada, s'ha de tindre en compte i dependrà de la utilització de la màquina, és a dir, com més ús major serà el manteniment i les reparacions.

El ministeri proposa uns valors de manteniment en €/ha en funció de la capacitat del dipòsit, en aquest cas, s'han modificat els valors de la capacitat dels dipòsits proposada pel ministeri, en la taula 8 es mostren els valors proposats, ja que es va fer el 2008 i les dimensions de la maquinària i de les eines ha augmentat.

Taula 8. €/ha en funció de la capacitat del dipòsit

Mida	€/ha
Petit (<1.200 l)	0,54
Mitjà (1.200 l – 2000 l)	0,6
Gran (>2000 l)	0,75

En el cas del tractor, per obtenir un valor de manteniment i reparacions, es multiplica el valor 0,03 per la potència del motor. El resultat s'expressa en €/h.

Consum de combustible

El consum de combustible és un cost molt important, i va condicionat segons l'ús que se'n fa de la màquina i de la seva potència.

$$C \text{ (€/h)} = q_h \text{ (l/h)} \times p_c \text{ (€/l)}$$

q_h : Consum horari

p_c : Preu del combustible

Variarà en funció de la càrrega a la que estigui sotmesa el motor.

- Càrrega baixa: $q_h \text{ (l/h)} = 0,075 \times N_e \text{ (CV)}$
- Càrrega mitjana: $q_h \text{ (l/h)} = 0,11 \times N_e \text{ (CV)}$

- Càrrega alta: $q_h(l/h) = 0,15 \times N_e(CV)$
 N_e : Potència del motor

En els equips d'aplicació de productes fitosanitaris considerarem que el motor funcionarà a càrrega mitjana.

Cal destacar que dels costos fixos i dels costos variables, els dos termes que tenen una major importància en el cost unitari són l'amortització i el consum de gasoil.

Si observem les fórmules comentades anteriorment, veiem que com més ús anual de l'equip, menor serà el cost horari i aconseguirem amortitzar l'equip amb menys anys. En el cas dels equips d'aplicació de productes fitosanitaris, com més aplicacions realitzem, és a dir, com més tractaments fem al cultiu, sigui amb fitosanitaris o fertilitzants líquids, aconseguirem baixar aquest cost horari i els anys d'amortització.

3.3.1. Càlcul del percentatge de superposició en el control de seccions

Per calcular aquest percentatge, es tindrà en compte la forma de la parcel·la i l'angle respecte a la passada del contorn de la parcel·la.

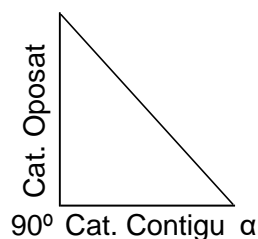
Com que les parcel·les poden ser de diferents formes, en el treball es plantegen unes formes model per calcular-ne el percentatge de superposició. L'agricultor haurà d'escollir la forma que més semblança tingui amb la seva explotació.

El càlcul d'aquest percentatge es basa en la suma d'unes àrees triangulars, en les que s'ha realitzat una aplicació dues vegades. Aquestes àrees es calculen a partir de l'amplada de les seccions per determinar la base i amb l'angle trobarem l'alçada del triangle.

$$\text{Àrea triangle} = \frac{\text{Base} \times \text{Alçada}}{2}$$

L'alçada del triangle es determina mitjançant equacions trigonomètriques.

$$\tan \alpha = \frac{\text{Catet oposat}}{\text{Catet contigu}}$$



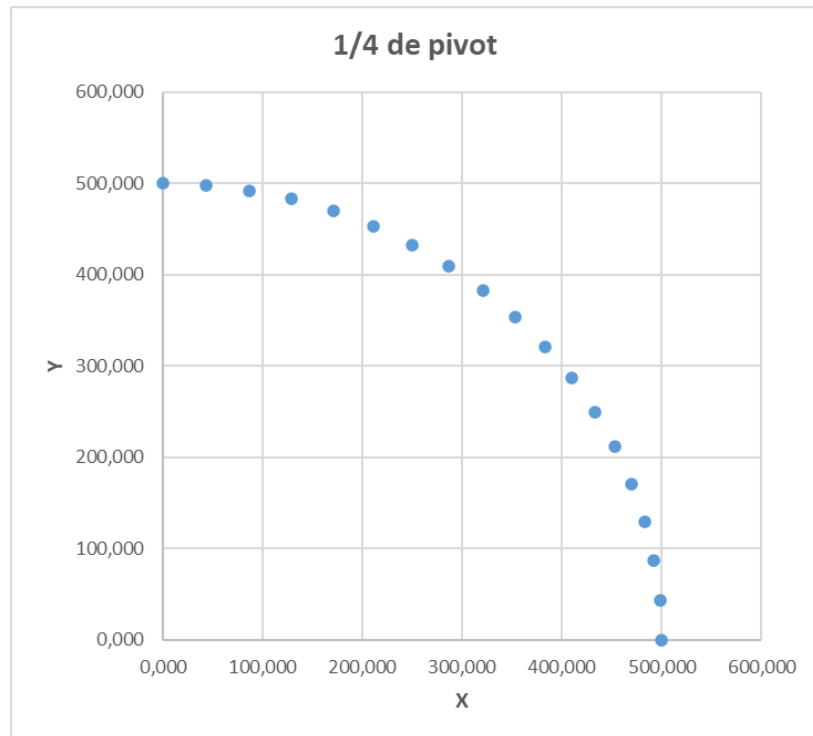
En el cas que la parcel·la tingui un pivot, el mètode per obtenir el percentatge és el mateix, però per determinar la base i l'alçada del triangle en aquest cas haurem de fer un altre pas. Primer de tot utilitzarem l'equació paramètrica de la circumferència, per determinar els punts que es troben en el contorn de la circumferència. S'haurà d'introduir el radi del pivot i en quants intervals es vol dividir, en aquest treball s'han escollit uns intervals de 5°.

$$x = x_0 + r \cos \alpha$$

$$y = y_0 + r \sin \alpha$$

Els càlculs es faran respecte a un quart del pivot, després es multiplicaran els valors que corresponguin per 4, per passar els valors als d'un pivot sencer.

En el gràfic 4, es poden observar els diferents punts representant un quart de la circumferència del pivot, aquests punts seran els que s'utilitzaran per a realitzar els càlculs.



Gràfic 4. Representació punts d'un quart de pivot

3.3.2. Càlcul de les hectàrees necessàries

Aquest càlcul ens proporciona quina superfície ha de disposar l'explotació o bé quina superfície s'ha de treballar, en el cas de realitzar treballs a tercers, per tal que l'equip d'aplicació de productes fitosanitaris sigui rendible (Landers, (2000)

Aquí el cost de servei en €/ha que apareix en la fórmula, és el cost que hi ha en el mercat a l'hora de realitzar una aplicació. A l'hora d'utilitzar l'eina l'agricultor ha de revisar si el valor que hi ha per defecte en l'eina és representatiu de la zona en què es troba.

$$ha \text{ necessàries} = \frac{\left(\frac{\text{Costos fixes màquina (€/any)}}{\text{Cost servei extern (€/ha)} - (\text{Costos variables màquina (€/h)} \times \text{Rendiment (h/ha)})} \right)}{N^{\circ} \text{ d'aplicacions}}$$

3.3.3. Càlcul de l'estalvi en productes

Per obtenir el valor de l'estalvi en productes en €/ha i en € en el total de l'explotació s'utilitzarà una fórmula en què el seu principi es basa en el percentatge de superposició de les diferents opcions de sistemes de guiatge i de control de seccions que es poden escollir.

$$\begin{aligned}
 \text{Estalvi} \left(\frac{\text{€}}{\text{ha}} \right) = & \left(\left(\left(\left(\text{Preu producte (€/l)} \times \text{Dosi producte (l/ha)} \right) \times \left(1 + \left(\frac{\text{Solapament tradicional}}{100} \right) \right) \right) \right) \right) \\
 & - \left(\left(\left(\left(\text{Preu producte (€/l)} \times \text{Dosi producte (l/ha)} \right) \times \left(1 + \left(\frac{\text{Solapament escollit}}{100} \right) \right) \right) \right) \right) \\
 & \times N^{\circ} \text{ d'Aplicacions}
 \end{aligned}$$

3.3.4. Viabilitat de la inversió

Per calcular el retorn de la inversió (ROI), s'utilitzarà el càlcul del VAN.

En aquest cas, en la columna corresponent al flux de caixa, s'hi assignarà el valor de l'estalvi en productes.

En l'any 0 només hi ha el valor de la inversió que s'ha fet.

El procediment per realitzar el càlcul és el següent, primer de tot es suma el valor de la columna d'inversió (valor negatiu) i el valor de la columna de flux de caixa, i el resultat apareix en la columna Resum. Per calcular el Valor Actual es realitza mitjançant la fórmula següent.

$$\text{Valor Actual} = \frac{\text{Resum}}{(1 + \text{taxa d'interés})^{\text{any}}}$$

Per calcular el VA acumulat s'ha de sumar el Valor actual amb el valor acumulat de l'any anterior.

Quan tots els càlculs estan fets, en la columna de VA acumulat veurem quin és l'any en que aquest valor és positiu, això voldrà dir que en aquell any es recupera la inversió feta l'any 0.

En la columna de flux de caixa de la taula 9, el valor que s'introduirà correspon a l'estalvi de productes en l'explotació.

Taula 9. Exemple de càlcul del VAN

	Taxa d'interés	3,50%			
Anys	Inversió	Flux de caixa	Resum	Valor Actual	VA acumulat
0	0		0	0	0
1			0,0	0	0
2			0,0	0	0
3			0,0	0	0
4			0,0	0	0
5			0,0	0	0
6			0,0	0	0

3.4. Elecció de paràmetres

Els paràmetres que es volen obtenir com a resultat final per proporcionar informació a l'agricultor són els següents:

- Cost de realitzar una aplicació, en €/h i en €/ha.
- Anys per amortitzar el tractor i el polvoritzador.
- Les hectàrees necessàries perquè l'equip d'aplicació de productes fitosanitaris sigui rendible.
- Estalvi en producte, en €/ha i en €/any.
- El retorn de la inversió (ROI), en el cas dels sistemes de guiatge, control de seccions i dels sensors.

Per aconseguir aquests paràmetres és necessari calcular-ne alguns o bé que l'agricultor ens els proporcioni.

Els que ens pot proporcionar l'agricultor són bàsicament especificacions tècniques del tractor i del polvoritzador i també característiques sobre l'explotació.

- Superfície de l'explotació
- Preu equip d'aplicació de productes fitosanitaris
- Preu del tractor
- N° d'aplicacions i productes
- Amplada de les barres
- Capacitat del dipòsit
- Velocitat de treball
- N° de broquets per secció
- Potència del tractor
- Forma de les parcel·les
- Percentatge de les males herbes

Els paràmetres que s'hauran de calcular a partir de la informació que proporciona l'agricultor són els següents:

- Hores d'ús anual del polvoritzador
- Depreciació d'ús
- Depreciació per obsolescència
- Rendiment en h/ha i ha/h
- Interessos
- Impostos i assegurances
- Manteniment i reparacions
- Amortització
- Consum de gasoil
- Costos fixes
- Costos variables
- Cost horari del tractor i del polvoritzador
- Càlcul del VAN

Sistemes de guiatge

Taula 10. Superposició amb sistemes de guiatge (Font: Arnó, Martínez-Casasnovas & Escolà, (2018))

Sistema de guiatge	Tradicional	Assistència a la conducció	Automàtic
% de superposició	10	2	1

El cost del sistema de guiatge s'aplica al preu del tractor, ja que es pot utilitzar amb diferents aplicacions, a part de polvoritzar.

Control de seccions

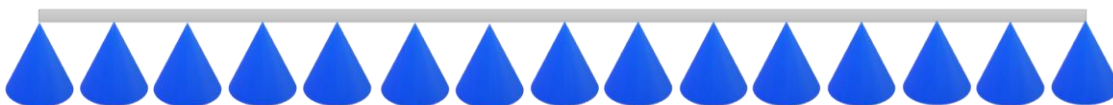
El percentatge de superposició en el control de seccions no són uns valors fixes, com en el cas dels sistemes de guiatge, en aquest cas aquest percentatge s'obté en funció de la forma de la parcel·la realitzant uns càlculs que s'han comentat en l'apartat 3.3.1., tal com indica la taula 11.

Taula 11. Formes parcel·la control de seccions

Formes parcel·la	% de superposició
Rectangular	0
Quadrada	0
Irregular	A determinar en l'eina
Triangular	A determinar en l'eina
Triangular + Quadrada	A determinar en l'eina
2 Triangular + Quadrada	A determinar en l'eina
2 Triangular + 2 Quadrada	A determinar en l'eina
Pivot	A determinar en l'eina

En l'eina Excel es mostraran les formes per tal de facilitar l'elecció.

Disposició dels trams en la barra d'aplicació de productes fitosanitaris



Grup de broquets: Cada tram té la mateixa mida i un nombre determinat de broquets



Individual: Actua sobre cada broquet



El cost del sistema de control de seccions s'aplica al preu de l'equip d'aplicació de productes fitosanitaris.

3.5. Desenvolupament de l'eina d'assessorament

L'eina es desenvolupa en un full d'Excel. L'estructura d'aquest està formada per 6 pestanyes, d'aquesta manera es pot separar el nivell de sofisticació que es vulgui en l'equip.

D'aquesta manera, també s'evita que el full de càlcul estigui molt carregat d'informació, ja que en cada mòdul hi haurà uns camps concrets per emplenar.



Així doncs, si un agricultor només vol un equip bàsic, solament haurà d'emplenar el primer mòdul, en canvi, si un altre agricultor vol un equip amb un major grau de sofisticació, amb guiatge i control de seccions, haurà d'emplenar els tres primers mòduls.

Hi ha alguna eina disponible respecte a l'estalvi en productes i a la superfície requerida, aquests però, estan molt lligats a uns productes en concret, com que aquestes eines les han desenvolupat empreses que disposen dins de la seva gamma de productes, sistemes de guiatge, sensors entre altres.

Aquestes eines serien les següents:

- Trimble ROI WeedSeeker 2
- Weed-It ROI
- Eina AGRI EASE

Algun exemple de qüestions que quedarien pendents de desenvolupar en l'eina són:

- Quantes hectàrees requereixo perquè un tipus de màquina en concret em surti rendible
- Quina màquina em permet recuperar la inversió en un període d'anys en concret.
- Tenint en compte que l'explotació consta d'una superfície X, quina maquinària seria l'adequada
- Quin estalvi en producte em generen les diferents tecnologies

Per acabar, voldria destacar que els preus que apareixen en l'eina Excel corresponen a preus proporcionats per diverses empreses durant l'any 2021 i són una aproximació.

4. Resultats

4.1 Elecció de la màquina

Per comentar els resultats amb l'eina de càlcul, s'entren uns paràmetres per fer un exemple pràctic (simulació) i poder observar els diferents resultats que proporciona l'eina.

Comencem en la pestanya d'elecció de la màquina, introduïrem uns valors per un equip amb unes característiques concretes i per una explotació que disposa d'una superfície determinada.

Taula 12. Exemple elecció de la màquina

Elecció de la màquina

Superfície explotació (ha)	100	▲▼
----------------------------	-----	----

Equip de polvorització

Preu equip (€)	20.000	
Capacitat del dipòsit (L)	2.000	
Amplada de les barres (m)	18	
Velocitat de treball (km/h)	8	▲▼
Hores d'ús anual	68	
Nº d'aplicacions	5	▲▼
Distància entre broquets (cm)	50	
Nº de broquets	37	
Forma parcel·la	Irregular	

Cost horari equip de polvorització (€/h)	47,16
Cost horari tractor (€/h)	37,65
Cost aplicació (€/h)	84,81
Cost aplicació (€/ha)	11,46

Anys amortitzar polvoritzador	8,5
Anys amortitzar tractor	10,9

ha necessàries	30,58
----------------	--------------

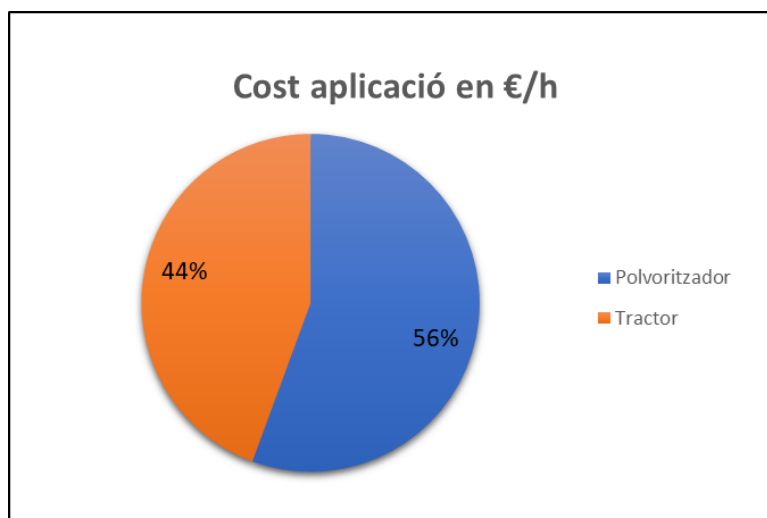
Tractor

Preu tractor (€)	100.000	
Potència (cv)	145	▲▼
Hores d'ús anual	500	▲▼

Cost del servei

Empresa de serveis (€/ha)	13
---------------------------	-----------

Amb les característiques que s'han introduït en les caselles s'obté diferent informació, aquesta informació es concreta per l'equip que s'ha introduït en l'eina de càlcul.

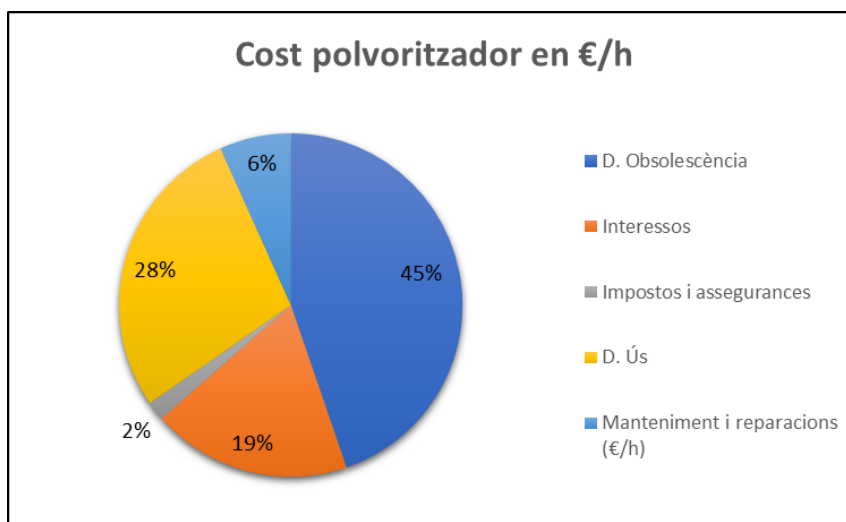


Gràfic 5. Cost aplicació elecció de la màquina

En el gràfic 5, generat a partir de les dades calculades, el polvoritzador és l'element que genera un cost més elevat dins del conjunt de l'equip.

En els dos gràfics que hi ha a continuació es pot veure de forma desglossada els elements que componen el cost del polvoritzador i del tractor de forma individual, amb el seu percentatge respecte al cost total.

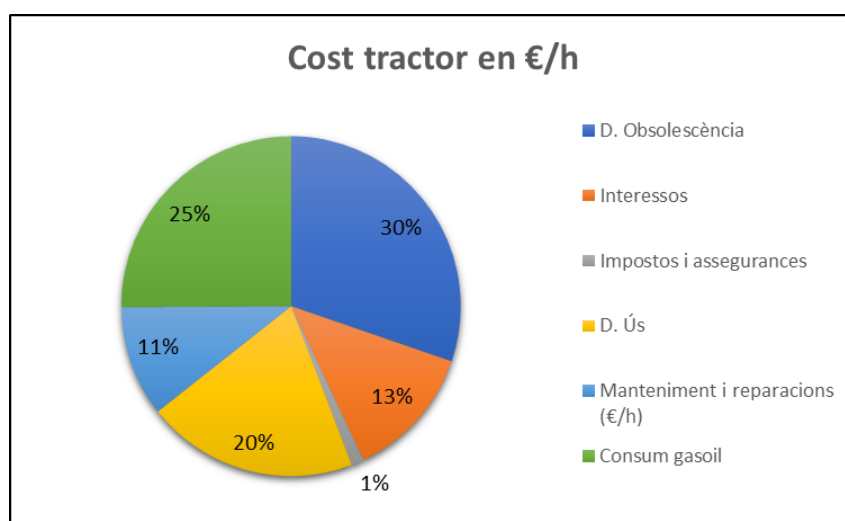
En gràfic 6, el component que té un major percentatge respecte al cost total és la depreciació per obsolescència, amb un cost que representa el 45 % del cost total, d'altra banda, els impostos i assegurances representen el cost més petit, d'un 2 % respecte al cost total.



Gràfic 6. Cost polvoritzador

En el gràfic 7, veiem una clara diferència respecte al polvoritzador. En aquest cas, tot i que la depreciació per obsolescència continua estant al capdavant, ara el seu cost representa un 30 % del cost total, això és degut al fet que en els costos del tractor s'introdueix un nou component en els costos, el consum de gasoil, aquest representa un cost del 25 % respecte al cost total del tractor.

Com en el polvoritzador, els impostos i assegurances representen el cost més petit, d'un 1 % respecte al cost total.



Gràfic 7. Cost tractor

4.2. Elecció del sistema de guiatge

En la pestanya del sistema de guiatge, es selecciona si es disposarà de guiatge o no, i de quin nivell es vol el sistema.

També s'han d'especificar el nombre d'aplicacions que es realitzen durant la campanya, amb el tractament i dosi, per poder realitzar el càlcul sobre l'estalvi en productes. Aquesta informació també servirà per a les pestanyes que vindran més endavant, per tant, solament s'han d'introduir una vegada.

Taula 13. Exemple sistema de guiatge

Sistema de guiatge

Tipus de guiatge	Automàtic	
Tipus de producte	Herbicida ampli espectre	
Nº d'aplicacions	1	▲▼
Preu producte (€/l)	3,69	
Dosi producte (l/ha)	6	▲▼
Tipus de producte	Herbicida selectiu	
Nº d'aplicacions	1	▲▼
Preu producte (€/l)	22,55	
Dosi producte (l/ha)	1	▲▼
Tipus de producte	Fungicida	
Nº d'aplicacions	1	▲▼
Preu producte (€/l)	14,3	
Dosi producte (l/ha)	1	▲▼
Tipus de producte	Plaguicida	
Nº d'aplicacions	1	▲▼
Preu producte (€/l)	0,37	
Dosi producte (l/ha)	0,5	▲▼
Tipus de producte	N32	
Nº d'aplicacions	1	▲▼
Preu producte (€/l)	0,26	
Dosi producte (l/ha)	300	▲▼
Cost del servei		
Empresa de serveis (€/ha)	13	

La taula 14 mostra uns valors orientatius sobre la dosi en l/ha dels productes fitosanitaris.

Taula 14. Dosis de productes fitosanitaris (l/ha)

Dosis productes fitosanitaris (l/ha)		
Herbicida	1	3 - 6
Fungicida	1	
Plaguicida	0,5	

En aquest cas apareix més informació que en la pestanya passada, en la taula 15 podem veure el cost del sistema seleccionat, l'estalvi en productes i el retorn de la inversió.

L'estalvi en productes es calcula en funció del percentatge de superposició del sistema de guiatge seleccionat i del nombre d'aplicacions realitzades, tenint en compte la dosi i el preu del producte.

Taula 15. Exemple resultats sistema de guiatge

Cost sistema de guiatge (€)	10.000
% superposició	1
Cost en productes (€/ha)	138,55
Estalvi en producte (€/ha)	12,35
Estalvi en producte explotació (€/any)	1.234,6
Cost horari equip de polvorització (€/h)	47,16
Cost horari tractor (€/h)	39,48
Cost aplicació (€/h)	86,64
Cost aplicació (€/ha)	11,71
Anys amortitzar polvoritzador	8,5
Anys amortitzar tractor	10,9
ha necessàries	30,58
Retorn de la inversió - ROI (anys)	10

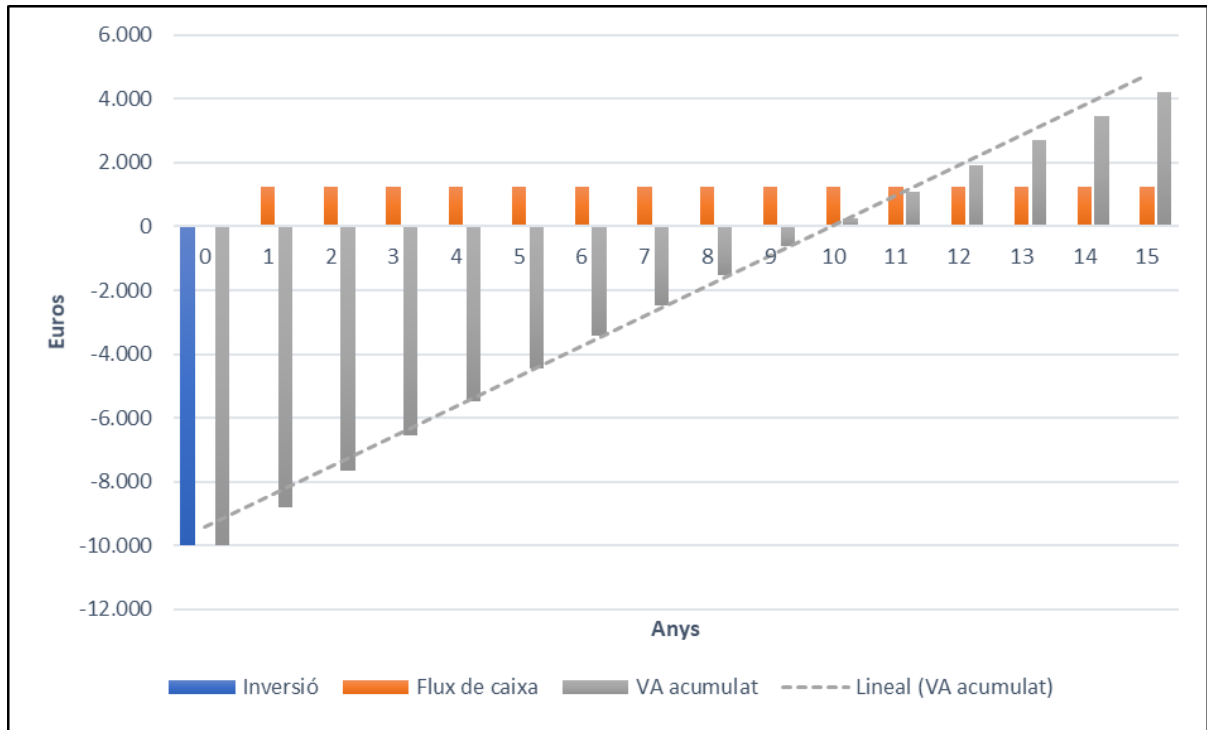
Per realitzar el càlcul del retorn de la inversió s'ha utilitzat el càlcul d'un VAN, on podem veure en quin any el valor de la casella del Valor Actual Acumulat passa a ser positiu, i per tant, l'any en què recuperem la inversió. Aquest càlcul es realitza amb un valor de la taxa d'interès del 3,5 %. En el cas següent, es recupera la inversió l'any 10.

En la columna de flux de caixa de la taula 16, el valor que apareix correspon a l'estalvi en producte de l'explotació, expressat en €/any, aquest valor s'extreu a partir d'un càlcul.

Taula 16. Càlcul del VAN en un cas concret

	Taxa d'interès	3,50%			
Anys	Inversió	Flux de caixa	Resum	Valor Actual	VA acumulat
0	-10.000		-10.000	-10.000	-10.000
1		1234,6	1.234,6	1.193	-8.807
2		1234,6	1.234,6	1.152	-7.655
3		1234,6	1.234,6	1.114	-6.541
4		1234,6	1.234,6	1.076	-5.465
5		1234,6	1.234,6	1.039	-4.426
6		1234,6	1.234,6	1.004	-3.422
7		1234,6	1.234,6	970	-2.451
8		1234,6	1.234,6	938	-1.514
9		1234,6	1.234,6	906	-608
10		1234,6	1.234,6	875	267
11		1234,6	1.234,6	846	1.113
12		1234,6	1.234,6	817	1.930
13		1234,6	1.234,6	789	2.720
14		1234,6	1.234,6	763	3.482
15		1234,6	1.234,6	737	4.219

A partir de la taula 16, es pot generar el gràfic 8, que de forma visual es pot observar l'any en què el Valor Actual Acumulat és positiu i com varia en funció de la inversió inicial, que serà diferent per cada nivell de sistema de guiatge. En aquest cas, observant el gràfic 8 es pot determinar de forma senzilla l'any en que es recupera la inversió, que és en l'any 10.



Gràfic 8. VAN sistema de guiatge

4.3. Elecció del sistema de control dels broquets (control de seccions)

La tercera pestanya de l'eina correspon al control de seccions, aquí l'agricultor ha de decidir si incorporar o no aquesta tecnologia en el seu equip d'aplicació de productes fitosanitaris.

En el cas que ho seleccioni, s'haurà d'escollir entre uns paràmetres per poder realitzar els càlculs desitjats. Primer de tot s'ha de determinar la unitat mínima de control dels broquets, es pot escollir un control individual de cada broquet o bé el control d'un grup de broquets, i quants es controlarien de forma conjunta.

A continuació s'escolliran els paràmetres que determinaran el percentatge de superposició, l'angle de la trajectòria que generarà la superposició i la forma de la parcel·la.

Taula 17. Exemple control de seccions

Control de seccions

Control de seccions	Sí
Nº total de broquets a la barra	37
Unitat mínima de control	Seccions
Nº de broquets per secció	17 <input type="text"/>
Nº de seccions	2 <input type="text"/>
Nº d'aplicacions	5 <input type="text"/>
Angle trajectòria (º)	50 <input type="text"/>
Forma de la parcel·la	7 <input type="text"/>
Radi del pivot (m)*	500 <input type="text"/>

* Cal omplir aquest camp

Cost del servei

Empresa de serveis (€/ha)	13
---------------------------	-----------

Cost control de seccions (€)	3.718
% superposició	0,90
Estalvi en producte (€/ha)	1,76
Estalvi en producte explotació (€/any)	176,0

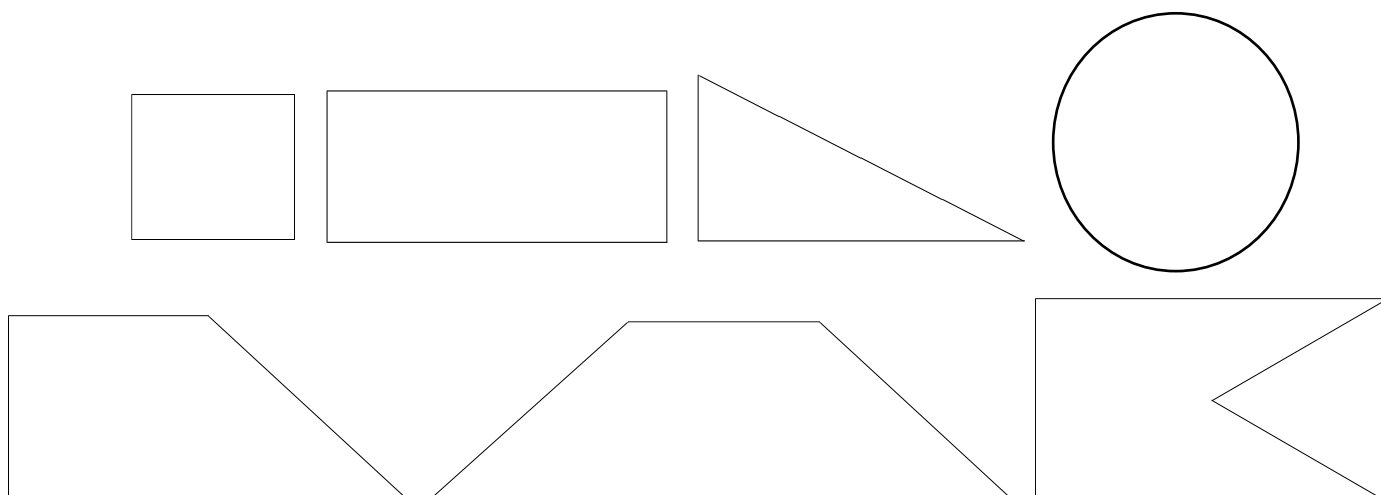
Cost horari equip de polvorització (€/h)	54,89
Cost horari tractor (€/h)	39,48
Cost aplicació (€/h)	94,38
Cost aplicació (€/ha)	12,75

Anys amortitzar polvoritzador	8,5
Anys amortitzar tractor	10,9

ha necessàries	38,28
----------------	--------------

Retorn de la inversió - ROI (anys)	40
------------------------------------	-----------

A l'hora d'escollir la forma de la parcel·la hi ha uns models de formes, en la il·lustració 20 podem veure de quines formes es tracta, l'agricultor ha d'escollir el que representi millor la seva explotació. En aquest cas s'ha seleccionat la forma de pivot, així doncs també haurem d'introduir el radi del pivot.



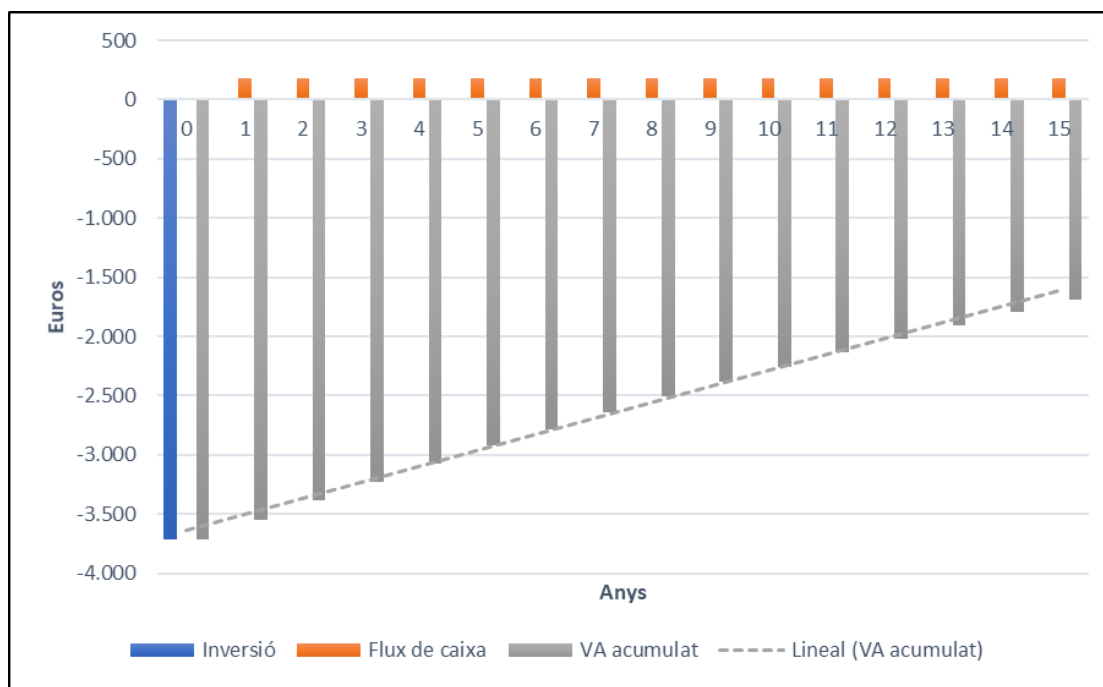
Il·lustració 20. Formes model de la parcel·la

Una vegada seleccionada la forma de la parcel·la i la unitat mínima de control es calcula el percentatge de superposició referent a cada forma. Per a calcular l'estalvi es requereix la superposició tradicional, en aquest cas serà la superposició utilitzant com a unitat mínima de control tota l'amplada de treball del polvoritzador.

Taula 18. Exemple percentatge de superposició

% de superposició	Quadrada/Rectangular	Triangular	Triangular + Quadrada	2 Triangular + Quadrada	2 Triangular + 2 Quadrada	Pivot	Solapament tradicional
Grup de broquets	0,0	0,601	0,425	0,694	0,601	0,850	2,18
Individual	0,0	0,035	0,025	0,041	0,035	0,050	

La taula 18 engloba tots els percentatges de superposició que corresponen al cas en concret que s'ha utilitzat. En aquesta taula es pot observar que en funció de la forma de la parcel·la, la mida de la parcel·la i de la sofisticació escollida per que fa a control de seccions el percentatge de superposició els valors veiem que varien.



Gràfic 9. VAN control de seccions

En aquest cas concret, el retorn de la inversió veiem que és en l'any 40, en el gràfic 9 solament surt fins a l'any 15, ja que la vida útil d'aquests sistemes no es considera superior a aquests anys, però podem veure amb la línia de tendència que el retorn d'aquesta inversió és al cap de molts anys.

4.4. Elecció de sensors de detecció de males herbes

En aquesta pestanya, l'element principal és escollir si es vol incorporar sensors en l'equip d'aplicació de productes fitosanitaris, i dins dels sensors de males herbes triar-ne un, si és el cas en què s'incorpora sensors en el polvoritzador.

Taula 19. Exemple sensors

Sensors	
Sensors	Sí
Sensor males herbes	WeedSeeker
Percentatge de males herbes (%)	30
Nº de sensors	37
Amplada de les barres (m)	18
Nº d'aplicacions	2

Cost del servei	
Empresa de serveis (€/ha)	25

Preu sensors	74.000 €
Cost en productes (€/ha)	45,14
Estalvi en producte (%)	70
Estalvi en producte (€/ha)	31,60
Estalvi en producte (€)	3159,58
Cost horari equip de polvorització (€/h)	201,11
Cost horari tractor (€/h)	39,48
Cost aplicació (€/h)	240,59
Cost aplicació (€/ha)	32,51
Anys amortitzar polvoritzador	8,5
Anys amortitzar tractor	10,9
ha necessàries	297,13
Retorn de la inversió - ROI (anys)	24

Ara l'únic que falta és proporcionar a l'eina quin és el percentatge de males herbes que tenim en la superfície de l'explotació, s'entén que serà un valor aproximat el que aportarà l'agricultor, ja que molts agricultors no coneixeran quin és el valor exacte.

Fet això, l'eina agafarà dades que s'han introduït en les pestanyes anteriors i les dades d'aquesta pestanya i obtindrem un seguit de resultats.

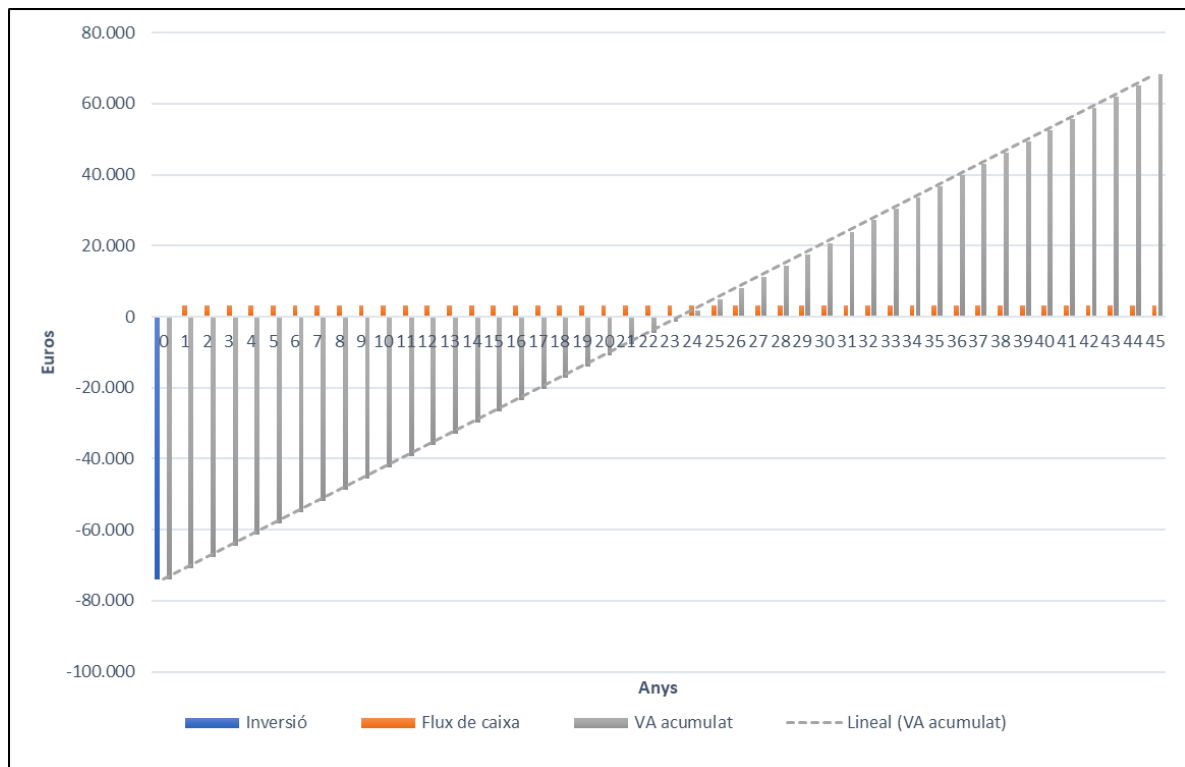
Primer de tot, veurem el preu del conjunt de sensors, aquest preu és en funció del nombre de sensors que requereixi el polvoritzador, ja que en funció de l'amplada de les barres el nombre de sensors variarà.

Seguidament podem observar l'estalvi en producte, el càlcul d'aquest estalvi és definit pel valor del percentatge de males herbes que prèviament s'ha proporcionat.

Com en les pestanyes anteriors, a partir de les dades proporcionades obtenim el cost de realitzar l'aplicació, els anys necessaris per amortitzar la maquinària, les hectàrees necessàries i el retorn de la inversió del conjunt de sensors.

Si comparem els valors del càlcul del cost de l'aplicació, de les hectàrees necessàries i del retorn de la inversió amb els de les altres tecnologies en les pestanyes anteriors, veiem clarament que es requereix que el polvoritzador amb els sensors treballi una major superfície, ja que la inversió que s'ha de fer en aquesta tecnologia és molt elevada.

També cal destacar que el percentatge de males herbes presents en l'explotació és l'element que més fa variar aquests resultats, així doncs, en el cas que podem observar veiem que amb un 30 % de males herbes l'estalvi per hectàrea és de 31,6 € i el R.O.I., és de 24 anys, en canvi si tenim un 75 % de males herbes l'estalvi per hectàrea és d'11,28 € i el R.O.I. és de 66 anys.



Gràfic 10. VAN Sensors

En el gràfic 10, veiem clarament que el retorn de la inversió serà en l'any 24. Com s'ha comentat anteriorment, en els sensors, ja que la seva inversió és tan elevada, els resultats tenen uns valors molt elevats, pel que fa al cost de l'aplicació, hectàrees necessàries i en el retorn de la inversió, per la qual cosa en aquesta pestanya el càlcul del VAN s'ha hagut d'ampliar i fer-lo per més anys.

Concretament en el gràfic surten dades fins a l'any 45, però els càlculs es fan fins a l'any 75, però no és necessari mostrar en el gràfic tants anys, ja que la vida útil dels sensors no és tan llarga, com en el cas dels sistemes de guiatge.

4.5. Selecció de la màquina i components des de la vessant de l'agricultor

En aquesta pestanya, el que veiem és un resum de tot el que hem seleccionat prèviament en el disseny del nostre equip.

Taula 20. Exemple resum agricultor

Resum agricultor

Cost equip d'aplicació	20.000 €
------------------------	----------

Capacitat de dipòsit (l)	2.000
Amplada de les barres (m)	18

Sistema de guiat	Sí
Control de seccions	Sí
Sensors	Sí

Cost total de l'equip	107.718 €
-----------------------	------------------

Estalvi en producte sistema de guiat (€/any)	1.235 €
Estalvi en producte control de seccions (€/any)	176 €
Estalvi conjunt guiat + control de seccions (€/any)	1.411 €
Estalvi en producte sensors (€/any)	3.160 €

Cost horari equip de polvorització (€/h)	201,11
Cost horari tractor (€/h)	39,48
Cost aplicació (€/h)	240,59
Cost aplicació (€/ha)	32,51

Anys amortitzar polvoritzador	8,5
Anys amortitzar tractor	10,9

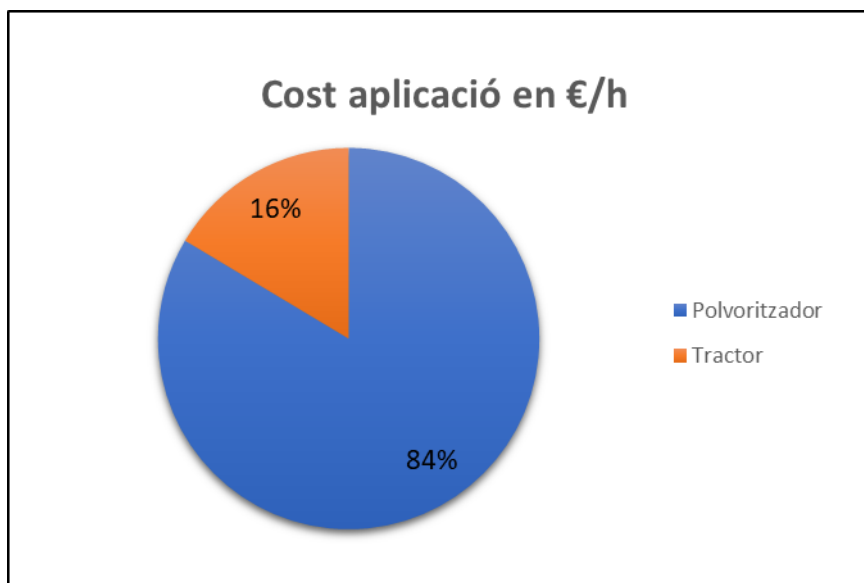
ha necessàries	297,1
----------------	--------------

Retorn de la inversió sistema de guiat - ROI (anys)	10
Retorn de la inversió control de seccions - ROI (anys)	40
Retorn de la inversió sensors - ROI (anys)	24

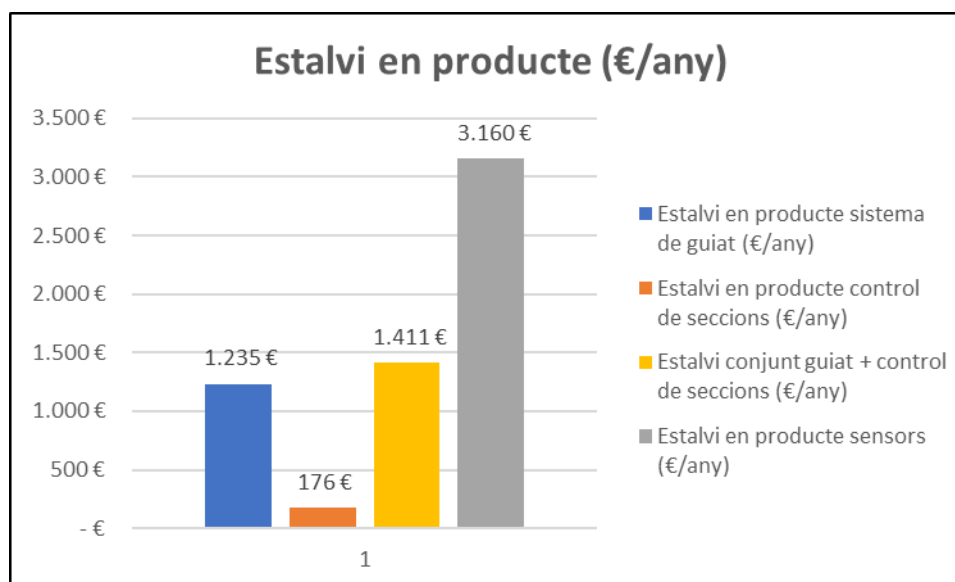
D'entrada veiem algunes de les característiques de l'equip d'aplicació, seguit d'una taula resum on podrem observar quina tecnologia hem seleccionat per al nostre equip. En aquest cas en concret, podem veure que s'han seleccionat totes les opcions possibles per equipar en el polvoritzador. Seguit del cost total de l'equip, en el que és te en compte el preu de l'equip bàsic i s'ha sumat el preu dels nivells de tecnologia que s'hagin triat.

També es pot observar quin cost tindria realitzar una aplicació amb el nostre equip i els anys necessaris per amortitzar el polvoritzador i el tractor, segons les dades que prèviament s'han proporcionat.

Per últim, veiem de forma resumida quin estalvi ens suposa cada nivell de tecnologia que hem seleccionat i el seu retorn de la inversió.



Gràfic 11. Cost aplicació resum agricultor



Gràfic 12. Comparació estalvi en producte

En la pestanya de resum de l'agricultor, podem visualitzar de forma ràpida mitjançant els gràfics 11 i 12 quin component és el que té un major pes en el cost de realitzar una aplicació i dels nivells de tecnologia seleccionats, quin és l'estalvi que genera cada un d'ells.

4.6. Costos i superfície contractada per empreses de serveis

Per finalitzar, en aquesta pestanya, tal com indica el seu nom, està destinat a respondre algunes de les preguntes que li pot sorgir a una empresa de serveis.

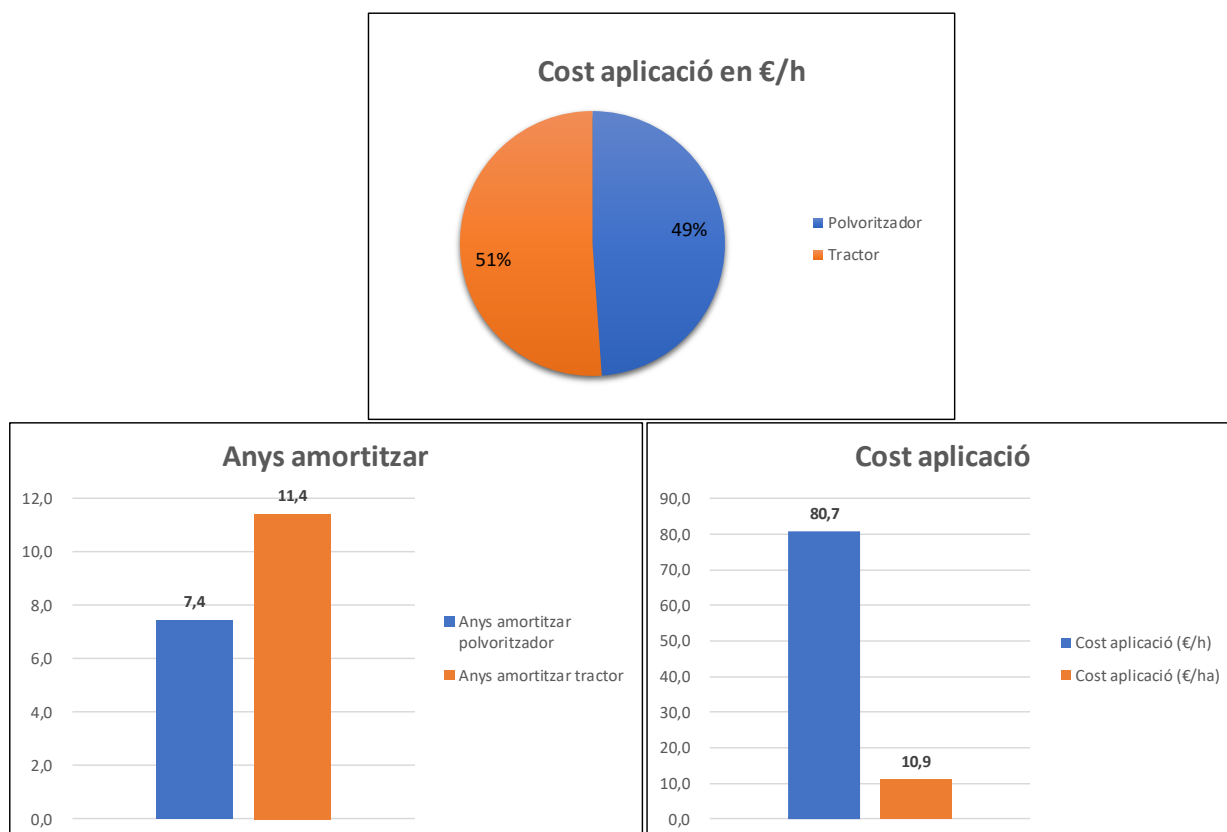
També, com en la pestanya anterior, es fa un resum de l'equip, amb els nivells de precisió escollits. Tal com es pot veure, en aquest cas no s'ha equipat sensors en el polvoritzador, i per tant, en el cost total de l'equip només s'hi afegeix el cost del sistema de guiatge i del control de seccions.

Taula 21. Exemple empresa de serveis

Empresa de serveis	
Nº d'aplicacions	4
Hores d'ús anual del tractor	450
Hores d'ús anual del polvoritzador	162
ha necessàries	300
Anys amortitzar polvoritzador	7,4
Anys amortitzar tractor	11,4
Cost horari equip de polvorització (€/h)	39,46
Cost horari tractor (€/h)	41,26
Cost aplicació (€/h)	80,7
Cost aplicació (€/ha)	10,9
Cost equip d'aplicació	20.000 €
Capacitat de dipòsit (l)	2.000
Amplada de les barres (m)	18
Sistema de guiatge	Sí
Control de seccions	Sí
Sensors	No
Cost total de l'equip	33.718 €

Així doncs, a partir del nombre d'hectàrees treballades i del nombre d'aplicacions realitzades variarem dos elements, els anys d'amortització del polvoritzador i el cost del servei.

L'empresa de serveis sabrà quantes hectàrees necessita treballar si vol amortitzar el polvoritzador en uns anys determinats, o bé, sabrà quantes hectàrees necessita treballar per tal que el cost de realitzar una aplicació sigui d'un valor determinat.



Gràfic 13. Gràfics empresa de serveis

En aquest cas, en el gràfic 13, veiem que el conjunt de gràfics d'aquest apartat reflecteixen els dos elements en els quals es basarà l'empresa de serveis per tal de determinar el nombre d'hectàrees necessàries per treballar, per tal d'aconseguir l'any d'amortització o el cost d'aplicació desitjat.

5. Discussió

En aquest apartat, es vol comparar el resultat de l'eina desenvolupada en el treball amb altres eines.

Comparació amb les eines que hi ha disponibles.

- Trimble ROI WeedSeeker 2
- Weed-It ROI
- Eina AGRI EASE

Les dos primeres eines calculen l'estalvi en productes utilitzant sensors, la tercera ho fa utilitzant únicament sistemes de guiatge.

Per a realitzar les comparacions s'introduiran els mateixos valors a les diferents eines.

- Superfície: 100 ha
- Preu combustible: 0,65 €/l
- Velocitat de treball: 8 km/h
- Capacitat del dipòsit: 2000 l
- Amplada de treball: 18 m
- Dosi de producte: 1 l/ha
- Preu producte: 22,55 €/l
- 1 aplicació
- Percentatge de males herbes: 60 %
- Sistema de guiatge automàtic i assistència a la conducció

Comparació 1: Trimble ROI calculator amb l'eina de càlcul del treball.

Els resultats obtinguts amb l'eina de Trimble són els següents:

The screenshot shows the 'PRIMERA APLICACIÓN DE HERBICIDA EN CAMPO' section of the Trimble ROI calculator. It includes the following input fields and sliders:

- Seleccione un sistema de unidades:** Métrico (dropdown)
- Seleccione una moneda:** Euro (dropdown)
- Área de la parcela (Acres) *:** 100 (text input)
- Dosis de producto (litros por hectárea) *?**: 1 (text input)
- Coste del producto (precio por litro) *?**: €22.55 (text input)
- Dosis de aplicación (litros por hectárea) *?**: 120 (text input)
- Tamaño del depósito (litros) *:** 2000 (slider)
- Ancho de la barra pulverizadora (metros) *:** 18 (slider)
- Presión de la maleza (porcentaje) *?**: 60% (slider)

Il·lustració 21. Dades trimble ROI calculator (Font: <https://agriculture.trimble.com/weedseeker2-roi-calculator/>)



Il·lustració 22. Resultats Trimble ROI calculator (Font: <https://agriculture.trimble.com/weedseeker2-roi-calculator/>)

Amb l'eina de càlcul del treball els resultats obtinguts són els següents:

Taula 22. Resultat guiatge automàtic amb WeedSeeker

Preu sensors	74.000 €
Cost en productes (€/ha)	22,78
Estalvi en producte (%)	40
Estalvi en producte (€/ha)	9,11
Estalvi en producte (€)	911,02

Si comparem els dos resultats, l'estalvi obtingut en les dues eines són molt similars. La diferència entre l'eina de Trimble i la del treball és d'uns 9 €.

Cal destacar que en l'eina de càlcul es pot escollir el sistema de guiatge, cosa que fa variar l'estalvi en productes. Si realitzem la mateixa comparació utilitzant en aquest cas un sistema d'assistència a la conducció, l'estalvi és superior. La diferència entre l'eina de Trimble i la del treball és d'uns 18.4 €.

Taula 23. Resultat assistència a la conducció amb WeedSeeker

Preu sensors	74.000 €
Cost en productes (€/ha)	23,00
Estalvi en producte (%)	40
Estalvi en producte (€/ha)	9,20
Estalvi en producte (€)	920,04

Comparació 2: Weed-IT ROI calculator amb l'eina de càlcul del treball.

Els resultats obtinguts amb l'eina de Weed-IT són els següents:

Your region	Europe	
Total cropped area	100	ha
Average weed density (%)	60	%
Average number of spray passes	1	
Total sprayed area per year	100,00	ha
Average chem fallow spray water rate	60	L / ha
Boom width	18	meter
Average spraying speed	8	km/h
Tank size	2000	liter

Il·lustració 23. Dades Weed-It ROI (Font: <https://www.weed-it.com/calculator>)

		Area ()	Saving per	Total saving
Actual chemical spray usage (%)	60%	100,00	€ 22	€ 880,00

Il·lustració 24. Resultats Weed-It ROI (Font: Weed-It)

Amb l'eina de càlcul del treball els resultats obtinguts són els següents:

Si comparem els dos resultats, com en el cas anterior l'estalvi obtingut en les dues eines són similars. La diferència entre l'eina de Weed-IT i la del treball és d'uns 31 €.

Taula 24. Resultat guiatge automàtic amb Weed-IT

Preu sensors	117.000 €
Cost en productes (€/ha)	22,78
Estalvi en producte (%)	40
Estalvi en producte (€/ha)	9,11
Estalvi en producte (€)	911,02

Utilitzant un sistema d'assistència a la conducció la diferència entre l'eina de Weed-IT i la del treball és d'uns 44 €.

Taula 25. Resultat assistència a la conducció amb Weed-It

Preu sensors	117.000 €
Cost en productes (€/ha)	23,00
Estalvi en producte (%)	40
Estalvi en producte (€/ha)	9,20
Estalvi en producte (€)	920,04

Comparació 3: AGRI EASE Tool amb l'eina de càlcul del treball.

Els resultats obtinguts amb l'eina AGRI EASE Tool són els següents:

Activity data	
Working width (m) *	<input type="text" value="18"/>
Fuel consumption (l/ha) *	<input type="text" value="2"/>
Mean speed (km/h) *	<input type="text" value="8"/>
Product applied (l/ha) *	<input type="text" value="1"/>
Product price (€/l) *	<input type="text" value="22.55"/>
Number of times along campaign *	<input type="text" value="1"/>

Il·lustració 25. Dades AGRI EASE Tool (Font: https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/resources-tools/ease-tool-page/agri-ease-tool)

Total EGNOS savings (€)	<input type="text" value="124.26"/>
-------------------------	-------------------------------------

Il·lustració 26. Resultat AGRI EASE Tool (Font: https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/resources-tools/ease-tool-page/agri-ease-tool)

Amb l'eina de càlcul del treball els resultats obtinguts son els següents:

Taula 26. Resultat guiatge automàtic

% solapament	1
Cost en productes (€/ha)	22,78
Estalvi en producte (€/ha)	2,03
Estalvi en producte explotació (€/any)	203,0

Comparant els dos resultats, en aquest cas solament tenint en compte el sistema de guiatge, veiem que la diferència és més elevada que en les altres eines, en aquest cas la diferència es d'uns 79 €.

Taula 27. Resultat assistència a la conducció

% solapament	2
Cost en productes (€/ha)	23,00
Estalvi en producte (€/ha)	1,80
Estalvi en producte explotació (€/any)	180,4

Utilitzant un sistema d'assistència a la conducció, la diferència entre l'eina d'EGNOS i la del treball és d'uns 56 €.

6. Conclusions

Després de cercar informació, realitzar càlculs i desenvolupar l'eina en Excel, podem extreure les següents conclusions:

1. L'eina desenvolupada en Excel permet ajudar a la presa de decisió pel que a la selecció i incorporació de tecnologia d'última generació en polvoritzadors hidràulics. Aquesta eina consta de diferents apartats: Elecció de la màquina, sistema de guiatge, control de seccions, sensors, resum agricultor i empresa de serveis.
2. El càlcul de l'estalvi en productes en el cas d'incorporar sistema de guiatge, control de seccions i/o sensors és un dels càlculs que major importància pren a l'hora de valorar si la tecnologia escollida pot ser econòmicament viable pel que respecta a l'explotació proposada per l'agricultor.
3. Per un cas concret, el cost de realitzar una aplicació sense incorporar cap tecnologia en l'equip d'aplicació seria d'11,46 €/ha. Si ara incorporem els diferents nivells de tecnologia possibles, el cost de realitzar una aplicació en el cas d'incorporar un sistema de guiatge automàtic seria d'11,71 €/ha, si afegim un control de seccions amb 17 broquets per secció el cost seria de 12,75 €/ha, i si la tecnologia que s'incorpora són sensors amb una presència de males herbes de 30% el cost de realitzar una aplicació seria de 32,51 €/ha. Així doncs, el cost de realitzar una aplicació s'incrementa, però per altra banda tenim un estalvi en producte, que en el cas del sistema de guiatge és d'12,35 €/ha, en el control de seccions és d'1,76 €/ha i amb els sensors és de 31,6 €/ha.

7. Referències

AGRI EASE Tool (s.f). https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/resources-tools/ease-tool-page/agri-ease-tool, consultat el 05/2021.

Agricultura de precisión (s.f). <https://www.topconpositioning.com/es/agricultura-de-precisi%C3%B3n>, consultat el 03/2021.

Arnó Satorra, J., & Martínez Casanovas, J. A. (2018). ¿ Es rentable la Agricultura de Precisión?. New Ag International, 2018, vol. Dic18-Ene19, p. 14-19.

Benefits of precision spraying (s.f). <https://www.dimensionsagri.no/benefits/>, consultat el 05/2021.

Books, journals & magazines (s.f). <https://precision-agriculture.sydney.edu.au/resources/education-and-publications/books-journals-magazines/>, consultat el 05/2021.

Boto, J.A.; López, J. (2006). *La mecanización agraria: principios y aplicaciones*. Universidad de León

Cantero-Martínez, C., & Moncunill Geniz, J. (2012). *Sistemas agrícolas de la plana de Lleida: descripción y evaluación de los sistemas de producción en el área del canal Segarra-Garrigues antes de su puesta en funcionamiento*.

Chocarro, C. (2017). Apunts UDL, *Tema III Dinámica de Poblaciones, Ecología*.

DUN 2021 Manual d'ajuts (2021) [Arxiu PDF]. <http://agricultura.gencat.cat/web/.content/09-desenvolupament-rural/declaracio-unica-agraria/enllacos-documents/manuals/fitxers-binariis/manual-ajuts-dun.pdf>

EASE Tool Methodology (2018) [Arxiu PDF]. https://egnos-user-support.essp-sas.eu/new_egnos_ops/sites/default/files/cbatool/EASE_tool_Methodology.pdf

Escolà, A. (2020). Apunts UDL, *Georeferenciació de la informació espacial*

FITOSANITARIOS; el tamaño de las gotas lo es todo (s.f). <https://alltecbio.com/fitosanitarios-y-el-tamano-de-las-gotas/>, consultat el 04/2021.

Galería de firmas espectrales para teledetección (s.f). <http://www.gisandbeers.com/galeria-de-firmas-espectrales-para-teledeteccion/>, consultat el 05/2021.

Godwin, R. J., Richards, T. E., Wood, G. A., Welsh, J. P., & Knight, S. M. (2003). *An economic analysis of the potential for precision farming in UK cereal production*. Biosystems Engineering, 84(4), 533-545.

Grisso, R. D., Alley, M. M., Thomason, W. E., Holshouser, D. L., & Roberson, G. T. (2011). *Precision farming tools: variable-rate application*.

Hardi NK/NV Manual de instrucciones 673641-E-96/1 [Arxiu PDF]. https://www.hardiinternational.com/application/files/1915/3424/6226/673641_NK_NV_E_96_01.pdf

Landers, A. (2000). *Farm machinery: selection, investment and management*. Farming Press, United Business Media.

- Llorens, J. (2019). Apunts UDL, *Maquinària per a l'aplicació de productes fitosanitaris*.
Maquinària agrícola (s.f).
<https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de-conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/maquinaria-agricola/default.aspx>, consultat el 03/2021.
- Martínez, J. A. (2018). Apunts UDL, *SIGTEL, Topografia, SIG i teledetecció*.
N-Sensor ALS - to variably apply nitrogen (s.f.) <https://www.yara.co.uk/crop-nutrition/farmers-toolbox/n-sensor/>, consultat el 03/2021.
- Previsión de costes de utilización de la maquinaria agrícola (2008)* [Arxiu PDF].
https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/MetodologiaCalculoCostes_tcm30-58577.pdf
- Productos agricultura* (s.f). <https://agricultura.trimble.es/productos/>, consultat el 04/2021.
- Pulverización dirigida* (s.f). <https://weed-it.com.ar/producto/>, consultat el 04/2021.
- Radiometría* (s.f). <https://www.ecured.cu/Radiometria>, consultat el 06/2021.
- Recasens, J. (2019). Apunts UDL, *Malherbologia: Introducció*.
Registro oficial de maquinaria agrícola (ROMA) (s.f).
<http://agricultura.gencat.cat/es/detalls/Article/Registre-oficial-de-maquinaria-agricola-ROMA#bloc12>, consultat el 07/2021.
- Robertson, M., Carberry, P., & Brennan, L. (2007). *The economic benefits of precision agriculture: case studies from Australian grain farms*. Crop Pasture Sci, 60, 2012.
- ROI Calculator* (s.f) <https://www.weed-it.com/calculator>, consultat el 05/2021.
- Saavedra, M. S. (1994). *Dinamica y manejo de poblaciones de malas hierbas*. Planta Daninha, 12(1), 29-38.
- Tecnología de agricultura de precisión John Deere (2019)* [Arxiu PDF].
<https://www.deere.es/assets/publications/index.html?id=60074326#1>
- WeedSeeker 2 ROI Calculator* (s.f). <https://agriculture.trimble.com/weedseeker2-roi-calculator/>, consultat el 05/2021.
- What is OptRx* (s.f). <https://www.agleader.com/blog/what-is-optrx/>, consultat el 03/2021.